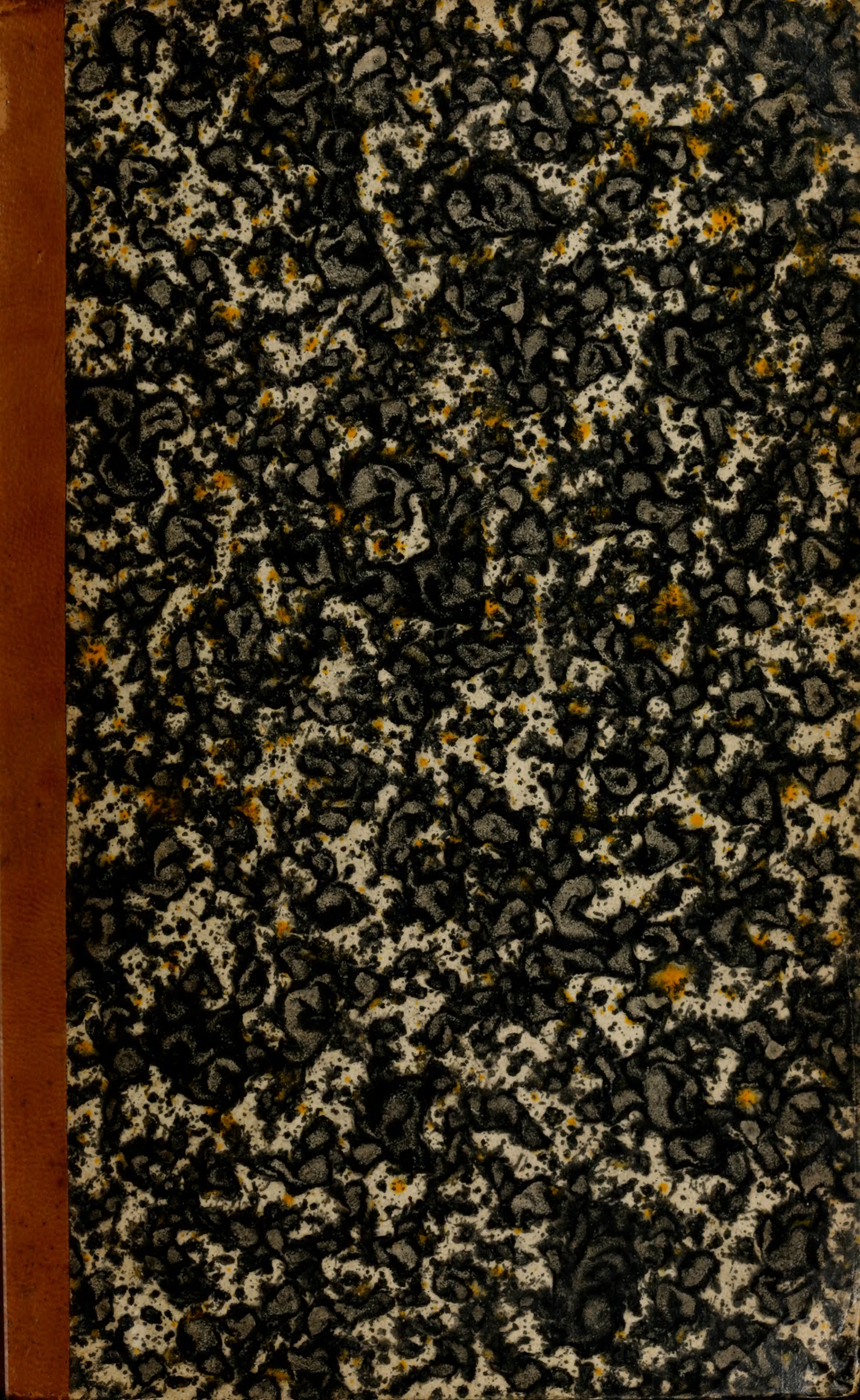
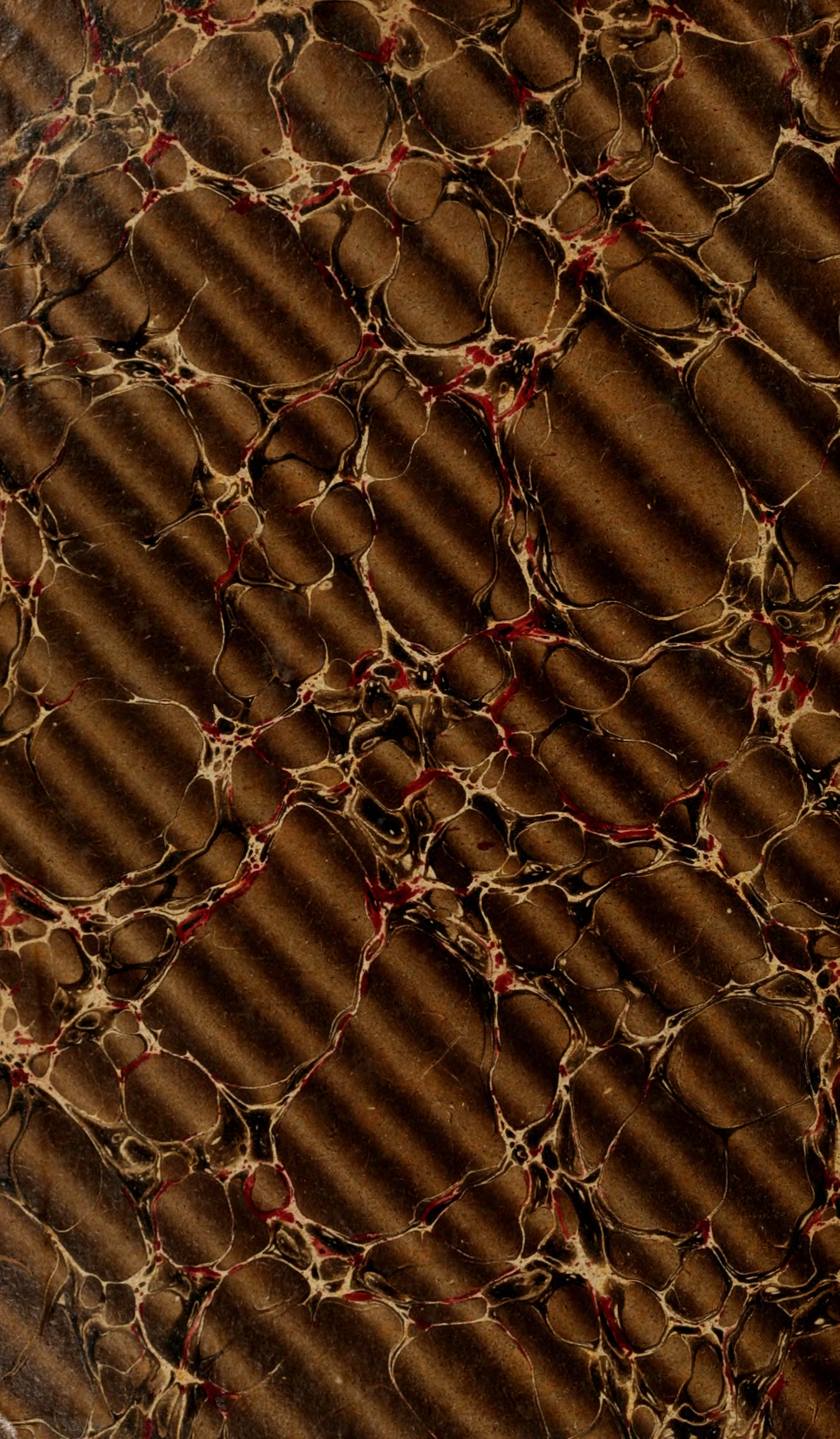






ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

Nota. — *Tous les ouvrages adressés* franco *à la Rédaction seront annoncés dans le premier fascicule qui paraîtra après leur arrivée. Il sera, en outre, publié s'il y a lieu, une analyse des ouvrages dont la spécialité rentre dans le cadre des* Annales (*chimie, physique, géologie, minéralogie, physiologie végétale et animale, agriculture, sylviculture, technologie, etc.*).

Toutes les communications relatives à la rédaction des Annales (*manuscrits, mémoires, livres*) *doivent être adressées* franco *à M.* **H. Grandeau**, *secrétaire de la rédaction des* Annales, *à Nancy.*

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

ORGANE

DES STATIONS AGRONOMIQUES ET DES LABORATOIRES AGRICOLES

PUBLIÉES

Sous les auspices du Ministère de l'Agriculture

PAR

LOUIS GRANDEAU

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST

MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE

DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

QUATRIÈME ANNÉE — 1887

Tome II

Avec figures dans le texte

PARIS

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

5, rue des Beaux-Arts

MÊME MAISON A NANCY

1888

CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

TRAVAUX ET EXPÉRIENCES

DU Dr A. VŒLCKER

CHIMISTE-CONSEIL
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE D'ANGLETERRE

Par M. A. RONNA

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE

LIVRE VII. — RECHERCHES ET TRAVAUX DIVERS.

I. — Des eaux.

1. — Eaux potables et économiques.

L'eau ne se trouve jamais à l'état de pureté chimique dans la nature. Outre les matières étrangères en suspension qu'elle enlève aux roches et aux terrains qu'elle traverse ou à l'atmosphère qui la baigne, l'eau tient en dissolution plus ou moins de substances salines, invisibles, dont l'évaporation seule atteste la présence, sous forme d'un résidu de composition variable.

a. — *Eaux douces.*

Eau de pluie. — L'eau de pluie qui a subi une sorte de distillation naturelle, recueillie en rase campagne, dans des récipients propres, est la plus pure et la plus douce de toutes les eaux. Elle laisse par évaporation un résidu très faible, n'étant souillée que par des traces d'acide carbonique et nitrique et d'ammoniaque et par les

particules flottantes dans l'atmosphère. En raison de sa pureté relative, l'eau de pluie, utilisable pour la buanderie, les lavages domestiques et l'alimentation des chaudières qu'elle n'incruste pas, manque de cette saveur rafraîchissante qui rend si précieuse comme eau potable celle des sources fraîches et limpides. Les quelques impuretés organiques dont elle est imprégnée ne tardent pas d'ailleurs à se décomposer et à lui donner une odeur désagréable que le filtrage sur du charbon peut seul détruire.

On ne doit pas négliger, dans la ferme, de recueillir l'eau de pluie dans des réservoirs, des bacs ou citernes, en briques cimentées, ou en bois, sinon dans des tonneaux ; mais il faut éviter la doublure en plomb qui se corrode rapidement et se dissout à l'état d'oxyde, en enlevant à l'eau sa qualité potable.

Eaux des lacs. — Les eaux de certains lacs sont également d'une grande pureté. Vœlcker cite, à cet égard, les eaux qu'il a analysées des lacs du nord de l'Écosse et du Cumberland : très douces, excellentes pour la buanderie et ne laissant qu'un très faible résidu de matière solide par évaporation. Toutefois, à certaines époques de l'année, elles sont souillées par la tourbe qui leur donne une saveur et un trouble désagréables.

Les trois analyses des eaux des Loch Katrine, Saint-Mary Loch et Portmore Loch (n°s 1, 2 et 3, tableau CCLXXVII) révèlent leur pureté. L'ammoniaque libre et organique est présente, on peut dire, à l'état de traces, et attribuable à des matières végétales. L'eau de Portmore Loch, en raison de sa plus forte teneur en carbonates et en sulfates, est un peu plus dure que les deux autres.

Les eaux du district que drainent les lacs de Haweswater, Ullswater et Thirlwere, analysées par Way, sont également d'une pureté remarquable. Le terrain, consistant en roches primitives, siliceuses ou ignées, qui entoure ces lacs, est cultivé en pâturages secs et tient peu de matière organique.

Eaux de rivières. — Comme eaux de rivière, Vœlcker a déterminé, avec Letheby, la composition de l'eau de la plupart des rivières de la région granitique du nord de l'Écosse. Beaucoup d'entre elles ne renferment que 5 à 7 centigrammes de matière solide par litre. Dans le tableau CCLXXVII figurent deux analyses du South Esk et

TABLEAU CCLXXVII. — Composition d'eaux douces et pures (lacs, rivières, sources et puits).

	LACS (ÉCOSSE).			RIVIÈRES.		SOURCES (COMTÉ DE SURREY).					PUITS du Hampshire.	
	Katrine.	Saint-Mary.	Portmore.	South-Esk.	Tweedale.	Witley.	Critchmare.	Vellwood.	Punchbowl.	Barford.	1	2
Matière organique	0,0119	0,0285	0,0131	0,0074	0,0180	0,0158	0,0128	0,0170	0,0186	0,0150	0,0031	0,0047
Carbonate de chaux	0,0050	0,0113	0,0275	0,0204	0,0221	»	»	»	»	0,0310	0,0010	0,0135
— de magnésie				0,0138	0,0091	0,0061	traces	traces		0,0038	»	»
Sulfate de chaux	0,0091	0,0115	0,0064	0,0139	0.0060	0,0188	0,0144	0,0122	0,0084	0,0057	0,0067	0,0035
— de potasse	»	»	»	»	»	»	0,0004	0,0057	0,0013	0,0028	»	»
— de soude	»	»	»	»	»	»	»	0,0044	0,0006	»	»	»
Chlorure de potassium	»	»	»	»	»	0,0044	0,0037	»	»	0,0004	»	»
— de sodium	0,0113	0,0084	0,0147	0,0220	0,0119	0,0163	0,0125	0,0124	0,0105	0,0134	0,0356	0,0193
Nitrate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,0671	0,0276
— de magnésie	traces	traces	traces	»	»	»	»	»	»	»	0,0078	0,0053
Silicate de chaux	»	»	»	»	»	0,0093	»	0,0061	0,0143	»	»	»
— de magnésie	»	»	»	»	»	»	»	»	0,0013	»	»	»
Oxydes de fer et alumine	0,0014	0,0028	0.0033	0,0038	0,0051	»	»	»	0,0003	0,0011	»	0,0020
Silice						0,0061	0,0143	0,0132	0,0011	0,0103	0,0017	0,0120
Résidu par litre	0,0382	0,0625	0,0650	0,0813	0,0752	0,0771	0,0581	0,0733	0,0597	0,0865	0,1260	0,0879
Ammoniaque libre (sels)	0,0011	0,0006	0,0003	0,0007	0,0003	»	»	»	»	»	»	»
— organique	0,0014	0,0017	0,0006	0,0013	0,0007	»	»	»	»	»	»	»
Acide nitrique	traces	traces	traces	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dureté avant ébullition	1°,3	1°,6	2°,4	3°,6	3°,6	1°,95	1°,86	1°,86	2°,15	2°,70	»	»
— après ébullition	1 ,0	1 ,1	2 ,0	3 ,1	2 ,1	»	»	»	»	»	»	»

du Tweedale Burn, représentant la composition moyenne des eaux pures de rivière.

Eaux de sources. — Le grès vert, notamment dans le comté de Surrey, renferme des eaux de sources particulièrement pures et douces. Vœlcker cite cinq analyses qu'il a faites pour la commission d'enquête sur la distribution des eaux, à Londres. Les eaux pures et limpides recueillies dans le district de Hindhead, au sud de Guildford, ont une température de 10 à 11 degrés centigrades pendant toute l'année; leur composition est donnée, nos 6 à 10, dans le tableau CCLXXVII.

Eaux de puits. — On trouve encore des eaux douces de bonne qualité dans les nappes des puits qu'alimentent les terrains de grès ou de silice. Vœlcker donne deux analyses d'eaux des puits foncés dans le Hampshire, l'un à la profondeur de 10 mètres, dans le sable et la roche siliceuse; l'autre à 22 mètres, dans le sable et le minerai de fer siliceux. Ces deux échantillons, nos 11 et 12, représentent une eau salubre, de bonne qualité potable.

b. — *Eaux dures.*

Si les sources qui sortent des régions granitiques ou des strates silicifères fournissent des eaux douces, celles qu'alimentent l'oolithe et les roches calcaires, ou qui traversent des terrains carbonatés, sont toujours plus ou moins imprégnées de carbonate et de sulfate de chaux et de magnésie. Or, la dureté de l'eau est due principalement à ces sels. Beaucoup d'eaux naturelles renferment toutefois du gaz acide carbonique qui dissout le carbonate de chaux et le transforme en bicarbonate soluble.

Certaines eaux de la formation crétacée, contenant jusqu'à 0gr,25 et 0gr,28 de carbonate de chaux par litre, sont limpides, pétillantes et d'un goût agréable. Quand on les fait bouillir, elles se troublent et laissent un sédiment qui incruste les vases; c'est que le second équivalent d'acide carbonique du bicarbonate de chaux soluble est faiblement associé au carbonate. A la température ordinaire de l'air, le bicarbonate est en dissolution dans l'eau, mais quand on porte l'eau à l'ébullition, l'acide carbonique est chassé et le carbonate insoluble se précipite.

Outre le carbonate de chaux, les eaux dures tiennent du sulfate de chaux, du nitrate de chaux et parfois du chlorure de calcium. Ces sels de chaux sont dissous dans l'eau sans l'intervention du gaz acide carbonique, et restent en dissolution malgré l'ébullition ; ils lui donnent le caractère de dureté permanente, tandis que le bicarbonate de chaux ne donne que la dureté temporaire.

Si l'on ajoute une dissolution de savon dans de l'eau dure, calcaire ou séléniteuse, il se forme des précipités floconneux et aucune mousse ne se montre tant que la chaux et la magnésie contenues dans l'eau ne sont pas précipitées. On a ainsi, par la dissolution de savon d'un titre déterminé, un moyen facile d'apprécier la dureté des eaux. Chaque degré de dureté correspond à 14 milligrammes de carbonate de chaux ou de sels équivalents décomposant le savon, par litre d'eau. C'est d'après cette échelle qu'ont été calculés les degrés de dureté des eaux groupées dans le tableau CCLXXVIII et dans les autres tableaux du présent chapitre.

Les eaux que fournissent les compagnies à la ville de Londres renferment de 270 à 340 milligrammes de résidu solide par litre et marquent de 14 à 15 degrés comme dureté. L'eau de la compagnie New River, analysée sous le n° 1, tableau CCLXXIX peut passer pour avoir une dureté moyenne.

Les puits artésiens ou les sources profondes du terrain crétacé donnent des eaux dures, meilleures pour la boisson que pour l'usage domestique. L'analyse n° 2 se rapporte à l'eau d'un puits artésien foncé dans le Hampshire, et le n° 3, à l'eau d'un puits profond du Devonshire. Les deux échantillons renferment beaucoup de chaux, combinée presque entièrement avec l'acide carbonique ; le sulfate de chaux qui caractérise la dureté permanente n'y est que faiblement représenté. Par l'ébullition, le degré de dureté s'abaisse, en conséquence, jusqu'à 4 degrés et 3°,5. Sans pousser jusqu'à l'ébullition, les eaux crayeuses profondes, en séjournant dans les citernes ou réservoirs, perdent quelque peu de leur dureté par le dépôt du carbonate de chaux. D'une température égale, comprise entre 10 et 12 degrés centigrades, elles ont généralement la fraîcheur voulue comme eaux potables.

TABLEAU CCLXXVIII. — Degrés de dureté des eaux alimentant les principales villes en Grande-Bretagne.

Eaux marquant au-dessus de 10 degrés.			
Banbury	16° 9	Lincoln	11° 0
Bedford	24 3	Londres	15 5
Birmingham	15 5	Newcastle et Gateshead	19 5
Bristol	17 1	Norwich	14 5
Canterbury	18 0	Rugby	11 1
Cheltenham	12 0	Runcorn	17 7
Congleton	11 9	Southport	19 5
Croydon	16 4	Sunderland et S. Shields	12 6
Deal	18 4	Wakefield	16 0
Derby	14 4	Warrington	12 7
Douvres	17 0	Worthing	17 3
Guildford	18 5	York	14 3
Leamington	18 5		
Eaux marquant entre 6 et 10 degrés.			
Accrington	6° 9	Liverpool	9° 6
Ashtow under Lyne	9 9	West-Derby	9 6
Birkenhead	8 3	Macclesfield	5 9
Carlisle	6 1	Northampton	7 2
Durham	7 5	Northwich	9 8
Edinburgh	7 0	Preston	6 3
Leeds	7 5	Saint-Helens	8 9
Leicester	9 4	Wigan	8 4
Leith	7 0	Worcester	10 0
Eaux marquant entre 2 et 6 degrés.			
Blackburn	4° 1	Maryport	2° 3
Bolton	3 4	Oldham	4 9
Bury et Radcliffe	3 8	Over-Darwen	4 4
Churley	3 8	Paisley	2 9
Charlton	2 5	Plymouth	3 0
Dundee	4 3	Preston	5 5
Manchester	2 5	Rochdale	3 6
Salford	2 5	Stockport	5 8
Eaux marquant moins de 2 degrés.			
Aberdeen	1° 4	Lancaster	0° 6
Cockermouth	1 5	Perth	2 0
Glasgow	0 6	Sheffield	2 0
Greenock	1 3	Whitehaven	1 0

TABLEAU CCLXXIX. — Composition d'eaux dures. (Rivière, puits artésiens, sources minérales et puits.)

	NEW RIVER	PUITS ARTÉSIENS.		SOURCES MINÉRALES.		PUITS
	Cie Londres.	Hampshire.	Devon.	Purton (argile).	Braydon (argile).	Norfolk.
	1	2	3	4	5	6
Matière organique	0,0315	0,0031	0,0013	0,1248	0,1127	0,0[illegible]15
Carbonate de chaux	0,1794	0,2116	0,2366	»	1.0771	0,31[illegible]5
Sulfate de chaux.	0,0343	0,0080	0,0104	1.1961	0,3056	1.1348
Carbonate de magnésie. . .	»	0,0269	0,0125	»		
Sulfate de magnésie	»	»	»	1.1001	2.3961	0,25[illegible]2
Nitrate de magnésie	0,0296	0,0015	0,0123	»	»	»
Bromure de magnésium . .	»	»	»	0,0013	»	»
Carbonate de potasse. . . .	»	»	»	0,4118	0,0988	0,1547
Sulfate de potasse	»	»	»	0,0157	»	»
Sulfate de soude	»	»	»	1.6007	1.7699	»
Chlorure de sodium	0,0183	0,0211	0,0674	0,4890	0,5818	0,2026
Iodure de sodium	»	»	»	0,0009	»	»
Oxydes de fer	0,0051	0,0020	0,0020	0,0010	0,0105	0,0151
Alumine et phosphates . . .					»	0,0008
Silice soluble	-	0,0160	0,0110	0,0183	0,0029	0,9040
	0,2715	0,3232	0,3595	4.9627	6.3599	2.0935
Ammoniaque libre (sels) . .	0,0001	»	0,0001	»	»	»
— organique. . .	0,0003	0,0006	0,0003	»	»	»
Acide carbonique libre. . .	»	»	»	0,340	»	»
Dureté avant ébullition . .	14°1	17°75	16°33	»	»	»
— après ébullition. . .	4 2	4	3 5	»	»	»

Les eaux dures avec lesquelles on alimente les générateurs à vapeur causent des incrustations qui offrent les graves inconvénients de nuire à la production de vapeur et de donner lieu à des explosions. Vœlcker donne d'une de ces incrustations l'analyse suivante :

Eau et matière organique.	4.59
Oxyde de fer et alumine	0.53
Acide phosphorique	0.58
Carbonate de chaux	71.06
Sulfate de chaux	12.75
Chaux à l'état de silicate	1.56
Magnésie	3.23
Silice soluble.	5.70
	100.00

Eaux minérales. — Dans l'argile du lias et dans le terrain argileux oxfordien, les eaux sont parfois chargées d'une telle quantité de matières salines qu'elles en conservent le goût et peuvent être considérées comme des eaux minérales, jouissant de vertus thérapeutiques particulières. Les analyses n°s 4 et 5 (tableau CCLXXIX) rentrent dans cette catégorie.

Le n° 4 se réfère à une source de l'argile du lias à Purton, près de Swindon. Elle contient, outre les sels purgatifs d'Epsom et de Glauber (sulfate de soude et sulfate de magnésie), du chlorure de sodium, une forte dose de carbonate de potasse et des quantités appréciables d'iodure de sodium et de bromure de magnésium, lui communiquant sans doute les propriétés médicinales qui la font rechercher pour une foule de maladies. Les carbonates alcalins lui donnent une forte réaction alcaline, contrairement à ce que le docteur Noad a remarqué. L'analyse par Vœlcker de l'eau saline de Purton remonte à 1859[1].

L'eau minérale de Braydon (n° 5) rappelle comme saveur les eaux d'Epsom et possède des propriétés purgatives dues aux sulfates de soude et de magnésie qu'elle renferme à plus haute dose que l'eau de Purton. Elle renferme en outre du carbonate de fer, qui lui donne un arrière-goût styptique, et de l'acide carbonique libre en dissolution. La source de Braydon sort de l'argile d'Oxford, dans la ferme de M. Ruck, dont nous avons fait connaître les améliorations culturales[2].

Sans être une eau minérale proprement dite, celle d'un puits du Norfolk, analysée sous le n° 6, est tellement imprégnée de matières salines qu'elle n'est pas potable. Limpide et incolore au sortir du puits, elle ne tarde pas, en restant exposée à l'air, à se troubler et à laisser déposer de l'oxyde de fer à l'état de précipité rouge ocreux. Combiné avec l'acide carbonique à l'état de bicarbonate de protoxyde de fer, la décomposition s'opère à l'air, avec mise en liberté de l'acide carbonique. Outre le fer, l'eau de Norfolk renferme à haute dose

1. *On the composition of Purton saline water : Quarterly Journ. of the chem. Soc.* 1859.

2. *Report on the improvement of grassland on Manorfarm,* 1865 ; voir livre IV, t. II, p. 160.

du sulfate de chaux, du sulfate de magnésie et du carbonate de chaux qui caractérisent les eaux dures, impropres aux usages domestiques.

c. — *Eaux impures.*

Tandis que les eaux minérales renferment en abondance des matières salines qui par leur nature peuvent exercer sur l'économie une action spéciale, bonne ou mauvaise, les eaux impures se caractérisent surtout par l'addition aux sels minéraux, en plus ou moins grande quantité, d'ammoniaque à l'état organique ou albuminoïde, et de matière organique oxydable.

La matière organique soluble qui souille les eaux potables offre les plus grands dangers pour la santé publique. Le voisinage des cours à fumier, des fosses d'aisances, des égouts, des gadoues, des cimetières et voiries, et de tous les endroits où s'accumulent les ordures, n'est pas étranger à la souillure organique des eaux. Aussi doit-on, par tous les moyens possibles, exclure des puits ou des sources les infiltrations des eaux superficielles, susceptibles d'être ainsi contaminées.

Le cas est fréquent dans les villes, mais non moins dans les campagnes, où des maladies contagieuses et des épidémies trouvent leur foyer dans les eaux insalubres dont la population fait usage. A certaines époques de l'année, ces eaux sont limpides, inodores et pour ainsi dire incolores ; à d'autres époques, elles sont colorées, troubles, odorantes et de mauvais goût. Toutes les eaux qui n'ont pas un caractère égal, homogène, sous le rapport du goût et de l'odeur, devront être *à priori* rejetées comme eaux potables.

Parmi les nombreuses analyses d'échantillons d'eau envoyés chaque année au laboratoire de la Société royale d'agriculture, Vœlcker n'a publié qu'un très petit nombre d'eaux insalubres, dont nous avons reproduit la composition dans le tableau CCLXXX.

L'analyse n° 1 se réfère à une eau parfaitement incolore, limpide, et irréprochable comme goût et comme odeur. Elle n'en révèle pas moins la présence dans le résidu solide qui atteint 1gr,0286 par litre, de beaucoup de sels et surtout de nitrates alcalins dont la teneur

TABLEAU CCLXXX. — Composition d'eaux potables impures et insalubres.

	ANNUAL REPORTS.					PUITS de Londres.	EAU SOUILLÉE par drainage.		LINCOLNSHIRE.
	1865	1871 Warwick.	1871 Northampton.	1873	1876				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Matière organique	0,0216	0,0970	0,0740	0,0167	0,0112	0,0080	0,0033	0,0223	0,0382
Oxyde de fer et alumine	0,0164	»	»	0,0099	0,0159	»	0,0040	0,0140	0,0135
Phosphate de chaux		0,0179	»	»		0,0030			0,0024
Sulfate de chaux	0,2062	0,2702	0,5942	0,2962	0,4807	0,2587	0,2313	0,2917	1.3792
Nitrate de chaux	»	»	0,1688	»	»	0,1279	»	»	»
Carbonate de chaux	0,2335	0,1263	0,1344	0,3854	0,3192	0,0771	0,3143	0,1599	
Magnésie (sulfate)	»	»	»	»	»	»	»	»	0,4967
Carbonate de magnésie	0,0539	0,0820	»	»	»	»	0,0551	0,1826	»
Nitrate de magnésie	»	0,3364	0,3424	»	0,1922	0,1171	0,1128	0,0027	0,1987
Sulfate de soude	»	»	»	0,9844	»	»	»	»	0,0565
Chlorure de sodium	0,1949	0,2464	0,4073	0,3516	0,3944	0,1929	0,2431	0,2915	0,6468
Nitrates alcalins	0,2743	»	»	0,1334	0,1572	»	»	»	»
Carbonates alcalins	»	0,1714	»	0,0315	0,1112	0,0385	»	0,0226	0,2547
Silice soluble	0,0278	0,0171	0,0114	0,0139	0,0499	0,0120	0,0160	0,0200	0,0260
	1.0286	1.3647	1.7325	2.2230	1.7310	0,8382	0,9999	1.0103	3 1127
Ammoniaque libre (sels)	»	»	»	»	0,0009	0,0035	0,0002	0,0005	0,0019
— organique	»	»	»	»	0,0060	0,0024	0,0003	0,0008	0,0019
Acide nitrique	0,1467	0,2455	0,3610	»	»	0,003	0,0822	0,0020	0,1497
Acide phosphorique	traces	»	»	»	0,007	0,117	»	»	0,0024
Dureté avant ébullition	»	»	»	»	»	26°5	»	»	
— après ébullition	»	»	»	»	»	24 2	»	»	

s'élève jusqu'à 0gr,2743. Une pareille eau est absolument impropre à la boisson et mauvaise pour les usages domestiques[1].

Les eaux nos 2 et 3 doivent également leur forte teneur en nitrates à des infiltrations de liquides animalisés. Le no 2 provenant d'une localité, dans le comté de Warwick, renferme 1gr,3467 de résidu solide par litre, composé, outre les nitrates, de sel marin, de sulfate et de carbonate de chaux, dans une proportion que l'on ne trouve pas dans les eaux potables communes. De plus, l'eau était colorée et contenait beaucoup de matière organique soluble, d'origine animale[2].

L'eau no 3 recueillie dans une localité du comté de Northampton est encore plus chargée de résidu solide : 1gr,7325 par litre, et titre jusqu'à 0gr,3610 d'acide nitrique qui doit la faire rejeter comme boisson et pour l'usage domestique.

L'analyse no 4, qui indique près de 2 grammes et quart de résidu solide par litre et 0gr,0167 de matière organique, assigne à l'eau le même caractère insalubre[3] par suite d'imprégnation de matières animalisées.

L'eau no 5, de couleur légèrement jaunâtre, abandonnait un résidu (1gr, 731 par litre), de matières solides brunes qui, soumises à une chaleur forte, devenaient noires en répandant des fumées âcres et nauséabondes, dues à la combustion de matières organiques[4] non oxydées.

L'analyse no 6 se réfère à l'eau d'un puits public des environs de Londres ; colorée en jaune, elle laissait par l'évaporation jusqu'à siccité un dépôt de couleur brune, tournant au noir par l'incinération. Comme dans l'analyse précédente, la teneur en ammoniaque organique ou albuminoïde a été directement déterminée ; elle révèle l'infiltration des liquides d'un cimetière contigu[5].

Dans les deux échantillons nos 7 et 8 d'une même eau, regardée comme contagieuse, à l'occasion d'une attaque de fièvre typhoïde,

1. *Annual report of the consulting chemist*. Décembre 1865.
2. *Annual report, etc.*, décembre 1871.
3. *Annual report, etc.*, décembre 1873.
4. *Annual report, etc.*, décembre 1876.
5. *On the composition, etc., of drinking water, etc.*, 1875.

Vœlcker constate par l'analyse que la proportion de résidu solide par litre y est beaucoup plus forte que dans les eaux potables de consommation usuelle ; qu'elle renferme plus d'ammoniaque que ne le comportent ces eaux ; que dans le n° 8, la teneur en matière organique oxydable est excessive ; que dans le n° 7, la quantité de nitrates et d'acide nitrique est également excessive ; et pourtant l'échantillon n° 8 qui dose peu de nitrates est de beaucoup le plus insalubre des deux, car l'oxydation de la matière organique ne s'y est pas faite au même degré que dans le n° 7.

L'eau n° 8 soupçonnée d'avoir causé la mort de plusieurs animaux, dans le Lincolnshire, était de couleur jaune, tenant quelques matières légères en suspension, mais inodore. Le résidu par litre atteignant jusqu'à $3^{gr},1127$ était ocreux, passant au brun à une forte température, et consistait en matières salines, sulfate de chaux, sel marin, sulfate de nitrate de magnésie, en excès, outre la matière organique oxydable titrant près de 2 milligrammes d'ammoniaque albuminoïde. L'eau ainsi chargée d'impuretés organiques, jointes à des sels minéraux en abondance, avait pu parfaitement empoisonner les animaux qui l'avaient consommée.

Eaux chargées de sels métalliques. — Les matières organiques dans l'eau destinée aux usages de la consommation ne sont pas les seules susceptibles de causer l'empoisonnement ; certaines combinaisons métalliques solubles, notamment celles dues aux composés de plomb, ne sont pas moins toxiques quand la dose dépasse des limites déterminées.

Il a été reconnu que les eaux douces, bien aérées et pourvues d'acide carbonique, exercent une action corrosive sur le plomb et dissolvent des sels de plomb qui, pour être souvent en quantité minime, n'en sont pas moins nuisibles.

Dans le tableau CCLXXXI groupant plusieurs analyses d'eaux douces et d'eaux dures, souillées par des sels de plomb, on remarque que les eaux n°s 1 et 2 qui sont très douces, puisqu'elles fournissent de 5,6 centigrammes à 6,4 de résidu solide par litre, se sont chargées de plomb dont les traces ont été constatées. L'eau n° 1 provenait d'un réservoir public dont la conduite principale communiquait, par un branchement en plomb de 200 mètres, avec la citerne

de la maison où les habitants avaient ressenti les effets de l'empoisonnement.

Les eaux nos 3 et 4, quoique d'une dureté moyenne, n'en ont pas moins dissout également des sels de plomb, sans doute en raison de leur teneur en nitrates et en chlorures[1].

TABLEAU CCLXXXI. — Analyses d'eaux douces et d'eaux dures souillées par des sels de plomb.

	1.	2.	3.	4.	5.
Matière organique oxydable	0,0095	0,0016	0,0160	0,0123	0,0741
Oxyde de fer	»	»	»	»	0,0028
Oxyde de plomb	traces	traces	traces	traces	0,0067
Sulfate de chaux	»	»	»	»	0,0418
Carbonate de chaux	»	»	»	»	0,0187
Magnésie	»	»	»	»	0,0183
Chlorure de sodium	0,0236	0,0236	0,0987	0,0987	0,0328
Nitrates alcalins	»	»	»	»	0,3339
Silice soluble	»	»	»	»	0,0150
Résidu par litre	0,0558	0,0638	0,3714	0,3556	0,2174
Ammoniaque libre (sels)	0,0006	0,00014	0,00034	0,00037	»
— organique (albuminoïde)	0,0001	0,0001	0,00013	0,00057	»
Acide nitrique	»	0,0050	0,1000	0,1198	»
Degré de dureté	2°	3°	11°	12°	»

L'échantillon n° 5 offre un remarquable exemple signalé par Vœlcker[2], de la quantité d'oxyde de plomb qu'une eau peut dissoudre et garder en dissolution à l'état de bi-carbonate et de nitrate. L'eau provenait d'un puits foré à proximité d'une fosse à fumier. Il est présumable que les liquides s'infiltraient dans la couche aquifère chargée ainsi de matière organique, soluble en partie sans modification, et en partie à l'état de nitrates, qui, au contact des tuyaux de plomb, formaient du nitrate de plomb soluble.

L'action de l'eau sur le plomb dépend non seulement de son aéra-

1. *Annual report, etc., for* 1881, décembre 1881.
2. *On the composition and properties of drinking water, etc.*, 1875.

tion, mais encore de la quantité d'air atmosphérique qu'elle renferme.

Comme c'est le cas pour certaines eaux dures, cette action est de plus favorisée par la présence de plusieurs sels, tels que les sulfates et les nitrates. Plus que tous autres sels, les nitrates qui se forment si rapidement par l'oxydation, dans les sols perméables, des matières organiques azotées, exercent une action corrosive sur le plomb. Les eaux très dures, quand elles ont une réaction alcaline, attaquent énergiquement le métal; cependant lorsqu'elles contiennent du carbonate de chaux dissous dans le gaz acide carbonique, l'attaque est bien plus faible; ce gaz neutralisant à un haut degré l'action dissolvante de l'oxygène, et convertissant l'oxyde en carbonate, qui est le moins soluble de tous les sels plombiques. Le carbonate de plomb encrassant les tuyaux, peut naturellement se trouver aussi en suspension dans l'eau potable et s'introduire à cet état dans l'organisme; mais en filtrant l'eau, le danger est évité.

La plupart des eaux qui attaquent le plomb attaquent aussi plus ou moins vivement le fer. L'hydrate d'oxyde de fer qui se forme dans les citernes et les conduites en fer n'offre d'autres inconvénients que de colorer l'eau en rouge et de la troubler au point d'empêcher son usage. Pour ce motif on a proposé l'emploi de tôle zinguée, mais dans bien des cas, la corrosion de cette tôle marche plus rapidement encore que celle de la tôle simple. Sur les points en effet où le zinc ne recouvre pas suffisamment le fer, on observe que les deux éléments de la pile galvanique ainsi constituée travaillent plus énergiquement à la corrosion. Vœlcker donne la composition d'un dépôt incrustant formé de la sorte dans une citerne de tôle étamée :

Eau combinée et matière organique.	7.93
Oxyde de fer.	88.89
Carbonate de chaux	0.18
Silice.	0.61
Acide carbonique, magnésie, traces d'acide sulfurique, manganèse et zinc	2.39
	100.00

Ce dépôt consiste principalement en oxyde de fer hydraté, associé

à de faibles quantités de carbonate de chaux, de silice, de magnésie et d'acide carbonique, avec des traces d'acide sulfurique, de magnésie et de zinc. L'eau douce, ne contenant à l'arrivée que des traces d'oxyde de fer, s'était chargée par le repos dans la citerne de cette énorme quantité de sel métallique incrustant.

d. — *Qualités d'une eau potable.*

Les eaux naturelles, comme on vient de le voir, sont rendues impures soit par des matières minérales et organiques en suspension, telles que l'argile, la marne, les substances animales ou végétales plus ou moins décomposées ; soit par des matières organiques solubles qui colorent l'eau en jaune ou en brun ; soit, enfin, par des substances salines et terreuses solubles qui laissent un résidu quand on évapore l'eau jusqu'à siccité.

Les qualités que l'on doit en conséquence rechercher dans une eau potable, ou destinée aux usages domestiques, sont[1] :

1° L'absence de toute matière organique putrescible ;

2° La limpidité et la transparence qui excluent la coloration par des matières floconneuses ou en suspension ;

3° L'absence d'odeur et de saveur désagréables ;

4° La douceur ;

5° La fraîcheur.

Toute eau qui renferme plus de 35 centigrammes de résidu solide par litre est impropre aux usages domestiques. Moins ce résidu contient de chaux et de sels magnésiens et mieux il convient à la buanderie, à la cuisson des aliments et à la production de vapeur. On ne peut pas dire toutefois qu'une certaine dose de sels minéraux, notamment de carbonates, qui rendent les eaux dures, les empêchent d'être potables. Ainsi, les eaux du terrain crétacé contenant de 20 à 25 centigrammes de carbonate de chaux, sont très potables, bien que dures, à cause de leur limpidité, de leur fraîcheur, de leurs propriétés inodores et insipides et de l'absence complète de substances organiques décomposables par l'oxydation.

1. *A lecture on the chemical composition and properties of water.* — *Journ. Roy. Agric. Soc. of England;* XXV, 1re série, 1864.

L'examen d'une eau, sous le rapport de la qualité potable, peut se faire, suivant Vœlcker, de la manière suivante, sans recourir à une analyse chimique complète :

On peut s'assurer, en premier lieu, si l'eau est colorée, en en remplissant un long tube en verre dont on compare la couleur avec celle de l'eau distillée versée dans un tube de mêmes dimensions ; ou bien en juxtaposant sur du papier blanc deux flacons de même taille, en verre de Bohême, remplis de l'eau à examiner et d'eau distillée. Beaucoup d'eaux de rivières ont une nuance verdâtre ; les eaux tourbeuses ou souillées d'impuretés dues au drainage ont une couleur plus ou moins jaune. Le même essai permet de juger si l'eau renferme des particules en suspension, en tenant le vase, bien éclairé par le haut, contre un écran noir ou une surface peinte en couleur foncée. Quand on aperçoit des matières en suspension, on peut laisser reposer le vase pendant quelques jours, et décanter soigneusement, ou bien filtrer l'eau qui surnage, pour examiner de nouveau si elle est limpide. Il se peut que les particules suspendues soient de l'argile ou de la marne et qu'un simple repos ou filtrage puisse en débarrasser l'eau.

En deuxième lieu, pour reconnaître l'odeur, quand elle ne se trahit pas immédiatement, on remplit un grand vase ou flacon de l'eau à examiner ; puis on le vide presque complètement, et on inhale l'air qui a remplacé l'eau. Si on a la précaution de chauffer très légèrement, on pourra discerner ainsi les plus légères émanations.

Il est facile encore de remplir d'eau une bouteille parfaitement propre, de la boucher avec un bouchon neuf ou à l'émeri et de la déboucher au bout d'une semaine de repos. On discerne ainsi non seulement l'odeur, mais les changements qui ont pu s'opérer ; notamment, on verra si aucune végétation s'est développée, accusant la présence de matières organiques.

En troisième lieu, on évapore un demi-litre d'eau dans un vase de porcelaine, ou mieux de platine, pour reconnaître si, en diminuant de volume, elle garde sa limpidité et sa couleur, ou bien si elle se trouble et se nuance en jaune ou en brun. Cette coloration révèle la présence d'impuretés organiques. Poussée jusqu'à siccité,

l'évaporation laisse un résidu qui, s'il est tout à fait blanc, indique l'absence de matière organique à des doses notables. Quand le résidu est coloré par la matière organique, on s'assurera si cette matière est inoffensive ou dangereuse pour l'économie, en notant l'odeur que dégage la combustion du résidu dans une nacelle de porcelaine ou de platine, chauffée par un bec de gaz ou par une lampe d'esprit-de-vin. La matière végétale ou tourbeuse se trahit par une odeur particulière, et les fumées qui sont légèrement acides, rougissent le papier bleu de tournesol humecté d'eau. La matière d'origine animale, dont l'odeur rappelle celle de la corne ou des cheveux brûlés, par ses fumées à réaction alcaline, ramène au bleu le papier rougi et mouillé.

Lorsque ces premiers essais n'ont pas paru satisfaisants et que l'on se décide à faire analyser l'eau dans un laboratoire, il faut avoir soin de remplir plusieurs fois de suite le flacon dans lequel on doit envoyer l'eau à examiner. Le flacon doit avoir une contenance d'un litre au moins, être bouché à l'émeri, et capuchonné par un morceau de toile ou de cuir, que l'on ficelle autour du col et que l'on assujettit au besoin à la cire[1].

Le moyen d'épurer les eaux en recourant à la distillation, au filtrage et à la précipitation, que Vœlcker décrit, n'offre rien de particulier qui mérite de nous arrêter. D'ailleurs les filtres Spencer et Bischoff et le procédé du docteur Clark d'Aberdeen, pour précipiter les eaux par la chaux caustique, ont été de longue date remplacés par des appareils et des modes de traitement plus perfectionnés.

2. — Eaux d'irrigation.

Les avis sont très partagés quant à la cause de l'efficacité des eaux employées à l'irrigation des terres[2].

Pour les uns, l'action fertilisante est due uniquement aux matières en dissolution ; pour les autres, les eaux destinées à l'irrigation doivent être troubles et impures ; pour d'autres enfin, les eaux

1. *On the composition and properties of drinking water, etc.* Londres, 1875.

2. *On irrigation ; a lecture by professor Vœlcker. — Journ. Roy. Agric. Soc. of England.* 1865.

limpides sont celles qui produisent les meilleurs résultats. Tantôt on recommande l'emploi d'eaux douces; tantôt, de préférence, les eaux dures. Ici, c'est à l'acide carbonique dissous dans l'eau qu'on attribue l'effet favorable des eaux, et là, on lui attribue les mauvais résultats de l'irrigation. Enfin, la température des eaux qui, pour tels praticiens, est l'agent efficace de fertilisation, pour d'autres, est absolument indifférente.

Tous ces avis s'effacent devant l'étude des phénomènes accomplis par l'eau au contact du sol, dont il n'est point tenu compte. Il est en effet bien inutile de discuter de la qualité des eaux, sans examiner en étroite relation avec elles, la qualité des divers sols.

On n'ignore pas que sur certaines terres argileuses, des pluies abondantes qui arrosent par le fait, car elles séjournent des jours entiers sur les prés, sans écoulement, ni évaporation, remplacent avantageusement l'emploi de l'engrais. Dans les printemps peu pluvieux, les engrais qu'on applique à ces terres restent sans effet; et dans les années humides, aucun engrais ne saurait suppléer la pluie quant à ses effets fertilisants. C'est qu'ici l'eau dissout les éléments du sol qui contribuent à augmenter le rendement en herbe.

Sur des terres bien fumées, mais légères et sablonneuses, l'eau qui tombe abondamment au printemps a pour effet de diluer par lavage les matières solubles, telles que le nitrate de soude et même le guano. Ainsi, l'eau pure qui exerce une action favorable sur certaines terres, peut en exercer une préjudiciable sur d'autres terres et, ce que l'eau de pluie accomplit, l'eau de source l'accomplit également dans une certaine mesure.

Le rôle de l'eau par rapport au sol est multiple.

L'eau introduit d'abord de l'air dans le sol, et pour toute irrigation bien conduite, l'eau ne doit pas seulement s'écouler à la surface, mais filtrer à travers le sol. Par ce motif, le sol doit être perméable : il ne suffit pas qu'il soit drainé superficiellement, mais profondément, par des moyens naturels ou artificiels. En amenant l'air dans le sol, l'eau introduit en même temps deux éléments essentiels de fertilité, empruntés à l'atmosphère; l'ammoniaque et l'acide carbonique, qui facilitent la solubilité des matières organiques et minérales, nécessaires à la végétation. Les matières orga-

niques sont rapidement détruites par l'oxygène de l'air, et les éléments azotés sont transformés en nitrates qui agissent comme stimulants de la végétation. Les nitrates dont on constate la présence dans toutes les eaux de drainage, se retrouvent dans les eaux de source et résultent évidemment des produits de l'oxydation des matières organiques contenues dans le sol.

Les matières minérales subissent des modifications non moins importantes. L'acide carbonique présent dans l'eau pluviale, comme dans l'eau de source, dissout bien des matières minérales que l'eau pure n'eut pas altérées. Les eaux dissolvent ainsi des quantités plus ou moins appréciables de phosphate de chaux, dans les roches qu'elles traversent, et décomposent les silicates naturels, pour mettre les phosphates et les silicates à la disposition des plantes.

L'eau exerce enfin sur le sol une action spéciale; elle élève sa température. On sait que l'eau est plus dense à quatre degrés au-dessus de zéro; aussi, quand la température de l'air ambiant s'abaisse à 0°, l'eau se refroidissant, au lieu de devenir plus dense, et de descendre, elle s'élève dans les couches supérieures du sol jusqu'à ce qu'atteignant la température de zéro degré, la glace se forme qui conserve l'eau inférieure à la température de quatre degrés; de telle sorte que sous la glace l'eau marque quatre degrés de plus que l'air ambiant pendant la gelée.

En moyenne, la température des sources naturelles excède de cinq degrés celle de l'air pendant les mois où l'irrigation a lieu, bien qu'elle présente de grandes variations. Des eaux de source qui semblent froides durant l'été, et chaudes pendant l'hiver, montrent au thermomètre une température uniforme, que l'air n'affecte pas. Ces eaux, toutes autres circonstances égales d'ailleurs, sont plus favorables pour l'irrigation, car elles apportent dans le sol même, au profit des racines des plantes, un certain degré de chaleur qui résulte de la filtration de l'eau.

a. — *Eaux des égouts des villes.*

Sous le rapport des eaux préférables pour l'irrigation, il y a lieu d'examiner en première ligne celles qui proviennent des égouts des villes.

Il est certain que les eaux d'égout, qui consistent en eaux naturelles, plus ou moins chargées de matières excrémentitielles, sont des agents précieux de fertilité, contenant de l'ammoniaque, de l'acide phosphorique et de la potasse. Elles ne doivent pas être rejetées, mais utilisées, quand cela est possible, sur le sol.

Les matières organiques que renferment les eaux d'égout se transforment en nitrates dont la plus grande partie est enlevée rapidement par les plantes appropriées à l'irrigation. Le ray-grass devrait être principalement cultivé, et peut-être exclusivement, sur les terres arrosées à l'eau d'égout, car cette herbe convertit le plus rapidement en matière succulente les principes solubles, au fur et à mesure qu'ils deviennent disponibles, et empêche la déperdition des matières fertilisantes par les drains. Malgré tout, cette déperdition est énorme, et Vœlcker, après examen des prés irrigués du domaine de Lord Hatherton, à Teddesley, dans le comté de Stafford, a tout motif de croire que l'eau de drainage est parfois plus utile pour l'irrigation que celle des sources naturelles de certaines localités.

Sur les terres bien fumées, l'eau qui filtre enlève plus qu'elle n'apporte au sol; il en est de même lorsque les eaux d'égout sont distribuées en trop grande abondance; la plupart des principes fertilisants sont entraînés par l'eau de drainage.

Il a été constaté par exemple que, de l'eau d'égout appliquée à une prairie et titrant $0^{gr},639$ de matières solubles, titrait encore après drainage dans le sol $0^{gr},535$. La plus grande partie de l'ammoniaque avait, il est vrai, été absorbée, car sur $0^{gr},081$ d'ammoniaque, il ne restait plus dans l'eau de drainage que $0^{gr},014$; mais il s'était perdu $0^{gr},014$ d'ammoniaque par litre d'eau répandu sur la prairie mise en expérience[1]. En outre, l'eau de drainage renfermait plus de 4 p. 100 d'acide nitrique provenant de la matière azotée, ou même de l'ammoniaque, tandis que l'eau d'égout, avant son emploi sur le sol, n'en contenait pas.

Vœlcker a constaté la présence de l'acide nitrique dans plusieurs eaux potables convenant à l'irrigation; elle est appréciable du reste dans toutes les eaux de sources naturelles.

---

1. *Third report of the commission for inquiry into the best mode of distributing the sewage of towns*, p. 48; London, 1865.

Une question à étudier à fond est celle de l'évaluation du volume d'eau qu'une surface de sol déterminée reçoit par la pluie et par les sources d'arrosage, et du volume d'eau qui s'échappe par les drains, afin de s'éclairer sur l'épuisement du sol. Il est impossible de restituer à la terre économiquement tout ce qu'on lui prend ; car les causes naturelles de déperdition sont plus nombreuses que celles dont nous pouvons nous rendre compte par le simple enlèvement des récoltes.

Il n'y a guère lieu de revenir sur les conclusions auxquelles Vœlcker est arrivé pour l'emploi des eaux d'égout à l'irrigation des terres arables ; nous les avons déjà rapportées en détail[1].

Déjà, dans la commission d'enquête instituée en 1862 par la Chambre des communes, pour rechercher le meilleur mode d'utilisation des eaux des égouts des villes, au profit de l'agriculture[2], Vœlcker avait maintenu son opinion que l'engrais liquide peut être avantageusement appliqué aux sols légers et poreux, mais que, sur les terres fortes, l'engrais étant encore plus concentré que dans les eaux d'égout, l'application entraîne des pertes plus ou moins sérieuses. Les engrais solides les plus pauvres exercent au moins une action mécanique en rendant le sol plus léger et plus poreux, et en permettant la circulation de l'air. En outre, on répand l'engrais solide, ou le fumier, où l'on veut, là où l'expérience apprend qu'il sera utile, tandis qu'avec l'engrais liquide on ne peut assigner telle partie du sol pour le recevoir et il faut qu'il pénètre la masse entière, c'est-à-dire, s'il doit être efficace, qu'il faudra l'employer en grandes masses.

On conçoit en effet qu'un liquide tel que l'eau d'égout, qui renferme quelques centigrammes de matière solide par litre, s'il est appliqué à faibles doses, disséminera ces quelques centigrammes dans une masse de sol où ils demeureront sans effet. Il en serait autrement si ces matières solides pouvaient être séparées et distribuées en couverture sur une petite surface. Aussi, n'y a-t-il pas à hésiter à répandre l'eau d'égout sur des terres naturellement per-

1. Livre III, p. 327 à 341.

2. *First report from the select committee on sewage of towns ;* 10 avril 1862.

méables et profondes, à des doses de 15,000 à 20,000 mètres cubes à l'hectare, afin d'incorporer dans une masse du sol une quantité suffisante de matières fertilisantes. L'action capillaire du sol le plus pauvre amène ces matières à portée des radicelles de l'herbe qui végète superficiellement et qui évapore des volumes d'eau considérables. Alors seulement on constate sur la végétation un effet marqué, que l'emploi de faibles doses de 1,000 ou de 1,500 mètres cubes à l'hectare est impuissant à produire.

Dans l'utilisation des eaux d'égout sur le sol, il y a désaccord quant à leur état physique; les uns demandent qu'elles soient claires et limpides, les autres, qu'elles soient troubles ou chargées de matières en suspension.

Il est certain que si le sol n'est pas très perméable, les eaux chargées de matières en suspension produisent à la surface une croûte qui finit par boucher tous les pores du sol et nuit ainsi à son aération, c'est-à-dire à la fertilisation par les eaux. Au contraire, si un filtrage grossier a été opéré avant l'épandage, l'irrigation produit tous les avantages qu'on peut en attendre, sur des terres qui ne sont pas des sables purs, etc., et qui conviennent moins bien que les sables à l'arrosage.

Quant aux cultures les mieux appropriées à l'irrigation, l'herbe vient évidemment en première ligne, parce qu'en sa qualité de récolte à croissance rapide, on peut renouveler constamment la matière fertilisante au fur et à mesure qu'elle s'épuise. Il n'en est pas de même des céréales qui ne mûriraient pas, ou des cultures maraîchères qui ne restent pas assez longtemps en terre pour absorber en quantités suffisantes le sewage dont on dispose toute l'année[1].

L'herbe arrosée à l'eau d'égout est, en tous cas, de qualité inférieure à celle des prairies sèches, en raison de sa végétation rapide qui ne permet pas qu'elle mûrisse aussi complètement et acquière la propriété succulente des plantes végétant lentement dans les prés bien fumés et soignés.

L'expérience des cultivateurs qui ont employé l'eau d'égout dans

1. *A lecture on town sewage. Journ. Roy. Agric. Soc. of England*; XXIII. 1re série. 1863.

les meilleures conditions, enseigne d'ailleurs que le rendement augmente proportionnellement au volume répandu, et que le sol, agissant uniquement comme véhicule des éléments fertilisants contenus dans l'eau, doit être traversé de part en part. Il n'y a pas à compter, pendant l'arrosage en hiver, même quand il s'agit de sols sablonneux et de cultures herbacées, sur un emmagasinement des matières fertilisantes de l'eau d'égout dans le sol. Pour tirer le plus de profit possible de cette eau, un profit pour ainsi dire immédiat, il convient de la répandre en grandes masses, et de renouveler l'application fréquemment ; l'herbe seule se prête à une pareille utilisation.

Vœlcker ajoute que si le sewage a été avantageusement employé sur des terres argileuses, bien drainées, c'est à l'eau que les résultats ont été dus, et non pas aux faibles quantités de substances fertilisantes qu'elle contenait. L'eau en effet tend à rendre solubles les matières abondamment disséminées dans les sols à base d'argile et à les amener à la portée des plantes. Dans les sables, au contraire, où la nourriture des plantes doit être apportée de toutes pièces pour donner une récolte, les substances fertilisantes du sewage sont essentielles.

b. — *Eaux de colmatage.*

D'autres eaux que celles des égouts renferment des matières en suspension et contribuent par les dépôts qu'elles laissent à la fertilité de sols naturellement stériles; c'est ce qui arrive pour l'irrigation des eaux du Nil sur les sables du Delta. Au moment des crues, d'après l'analyse que Vœlcker a faite, les eaux de ce fleuve tiennent quatre fois plus de matières en suspension qu'à l'étiage ordinaire. En dehors de ce limon, elles tiennent en dissolution $0^{gr},169$ par litre de matières solubles; mais on peut dire que la fertilité est due surtout au colmatage des rives. Chaque crue du Nil dépose à la superficie une couche de sol vierge.

Chargé d'analyser les eaux du fleuve pour reconnaître à quelle période des crues elles sont plus fertilisantes, Vœlcker a déterminé leur composition au début et à la fin de la crue (tableau CCLXXXII). Dans l'échantillon n° 1, l'eau limpide, après filtrage, a laissé un ré-

sidu solide par litre, de 0gr,2548. Quoique renfermant très peu de matières solubles, l'eau avant la crue est riche en carbonates de soude et de magnésie. Après filtrage, elle est salubre et d'un goût agréable. L'échantillon d'eau n° 2, colorée en rouge vif, a perdu sa

TABLEAU CCLXXXII. — Composition de l'eau du Nil.

	Au début de la crue. 1	En pleine crue. 2
	par litre.	par litre.
Matières en suspension.	0,3398	1.2480
— en dissolution.	0,2548	0,1694
Composition des matières en suspension.		
Matières minérales (argile, sable et oxyde de fer)	0,2979	1.1646
— organiques (¹).	0,0419	0,0834
	0,3398	1.2480
Composition du résidu de l'eau filtrée.		
Matière organique.	0,0302	0,0220
Oxydes de fer et alumine.	0,0010	0,0149
Acide phosphorique.	traces.	traces.
Silicate de chaux.	0,0264	0,0552
Carbonate de chaux.	0,0621	0,0201
— de magnésie.	0,0400	0,0164
— de potasse.	0,0094	»
— de soude.	0,0465	0,0068
Chlorure de sodium.	0,0328	0,0112
Sulfate de chaux.	»	0,0188
— de potasse.	0,0134	»
Nitrate de potasse.	0,0026	0,0120
	0,2644	0,1774
(¹) Contenant azote.	0,0015	0,0037
— égal à ammoniaque.	0,0018	0,0045

coloration, due à l'oxyde de fer, après un certain temps de repos. La diminution des matières solubles par rapport à l'échantillon n° 1 est remarquable; et comme l'eau n° 2 contient beaucoup plus de ni-

trate de potasse, il semblerait que la matière organique azotée se convertit pendant la crue en acide nitrique, qui se combine à son tour avec la potasse. Il y a lieu encore d'observer que les matières organiques en suspension dans l'eau n° 2 ne tiennent pas moins de 4 milligrammes et demi d'ammoniaque par litre; par conséquent, chaque mètre cube d'eau du Nil en crue apporte au sol 4 kilogrammes et demi d'ammoniaque sous forme de matière organique en suspension. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de la fertilité des districts arrosés par les eaux du fleuve, et de leurs effets surprenants sur la végétation, d'autant plus que la matière organique y est à un état de division aussi grand que celui des substances minérales et salines[1] avec lesquelles elle est mélangée dans les matières en suspension.

Les eaux qui jouissent d'une température uniforme proviennent généralement de sources souterraines, profondes, et par conséquent, plus riches en matières minérales. C'est sans doute la raison pour laquelle les eaux chaudes en hiver donnent de meilleurs résultats à l'arrosage que celles dont la température subit l'influence de l'air atmosphérique.

Le degré de dureté des eaux ne nuit pas à l'irrigation : dans le comté de Gloucester, par exemple, les prairies arrosées avec des eaux très calcaires sont admirables. Les praticiens ont été portés à donner la préférence aux eaux douces dont ils attribuent la qualité à la présence d'alcalis. Or l'eau douce ne renferme pas trace d'alcalis, et en général peu de matières minérales, chaux, oxyde de fer ou magnésie. Les eaux dures, au contraire, contiennent plus de potasse, de soude et d'autres éléments minéraux.

Parmi les eaux qui conviennent rarement à l'irrigation, celles des terrains tourbeux ou marécageux sont à signaler; non pas, comme on l'a prétendu à tort, parce qu'elles tiennent du tannin qui serait décomposé par l'oxygène atmosphérique, ni des acides humiques nuisibles à la végétation; mais parce qu'elles sont presque toujours souillées de sulfate de fer.

Il en est de même des eaux trop salines. L'eau de mer ne tarde

1. *Annual report, etc.*; décembre 1863.

pas à frapper le sol de stérilité, quoique, employé à petite dose, le sel marin améliore les prés d'embouche.

3. — Eaux de drainage.

Aucun des éléments constituant le sol n'affecte autant sa puissance de production que l'azote, mais aucun n'est aussi rapidement absorbé par les récoltes et ne disparaît aussi complètement du sol, soit par les plantes qui s'en nourrissent, soit par le drainage des eaux, soit par d'autres causes non encore expliquées[1].

Les expériences culturales entreprises par MM. Lawes et Gilbert, à Rothamsted, et les recherches de laboratoire qu'ils ont dirigées pendant quarante années consécutives pour mettre en lumière les résultats de leurs expériences, ont démontré, relativement à l'épuisement et à l'accumulation de l'azote dans le sol, des faits du plus haut intérêt pour la culture.

C'est ainsi qu'ils ont reconnu que, malgré l'effet puissant des engrais azotés, les deux tiers de l'azote n'ont pas été recouvrés dans l'augmentation de la récolte, les sels ammoniacaux ayant été appliqués au froment, à l'automne ; mais lorsque le nitrate de soude a été employé en couverture au printemps, la quantité recouvrée n'excède guère la moitié de l'azote appliqué. Avec l'orge, également, dont la fumure a lieu au printemps, la moitié à peu près de l'azote fourni par l'engrais est recouvrée dans l'excédent de récolte.

Dès lors la question se pose de savoir ce que sont devenus, dans un cas, la moitié, et dans l'autre, les deux tiers de l'azote que la récolte n'a pas utilisé ?

Les recherches de Vœlcker, d'une part, et celles faites indépendamment par le Dr Frankland, sur les eaux de drainage provenant des champs d'expériences de Rothamsted où se cultivent le froment et l'orge d'une manière continue, sur des parcelles diversement fumées, depuis l'année 1844, ont jeté une vive lumière sur cette déperdition de l'azote.

Le tableau CCLXXXIII présente le résumé de quelques-uns des

1. *The influence of chemical discoveries, etc.* London, 1878.

plus importants résultats obtenus par le Dr Frankland et par Vœlcker ; nous avons cru devoir les reproduire tels que Vœlcker les a lui-même groupés avant d'entrer dans le détail de l'examen qu'il a fait personnellement de 70 échantillons des eaux de drainage des parcelles de Rothamsted.

TABLEAU CCLXXXIII. — Détermination de l'azote dans les eaux de drainage de Broadbalkfield à Rothamsted.

NUMÉROS DES PARCELLES.		AZOTE A L'ÉTAT DE NITRATES ET DE NITRITES POUR 100,000 PARTIES D'EAU DE DRAINAGE.					
		Dr FRANKLAND 1872-1873.		Dr VŒLCKER 1866-1868.		MOYENNES.	
		Nombre de dosages.		Nombre de dosages.		Nombre de dosages.	
2	Fumier de ferme (35,000 kilogr.). .	4	0,932	2	1.606	6	1.264
3 et 4	Sans aucun engrais	6	0,316	5	0,390	11	0,353
5	Engrais minéral	6	0,349	5	0,506	11	0,428
6	— et 45k,9 azote } à l'état d'ammoniaque.	6	0,793	5	0,853	11	0,823
7	— et 90k,8 azote } à l'état d'ammoniaque.	6	1.477	5	1.400	11	1.439
8	— et 136k,7 azote } à l'état d'ammoniaque.	6	1.951	5	1.679	11	1.815
9	— et 90k,8 azote à l'état de nitrate de soude	5	1.039	5	1.835	10	1.437

Comme le volume d'eau qui passe annuellement par les drains des diverses parcelles du champ Broadbalk affecté à la culture du froment ne peut être évalué qu'approximativement, il est impossible de déterminer d'une manière précise la perte réelle d'azote que les parcelles ont à supporter par le drainage. Toutefois le tableau CCLXXXIII montre avec une exactitude suffisante que la quantité d'azote qui s'échappe par les drains, sous forme de nitrates ou de nitrites solubles dans l'eau, s'accroît en raison de la quantité d'ammoniaque ou de nitrate appliquée à l'état d'engrais. Les chiffres du tableau indiquent notamment combien la perte d'azote augmente par le drainage quand les engrais ammoniacaux ou nitratés sont appliqués à haute dose pendant l'automne, et même au printemps, lorsqu'il survient des pluies abondantes.

D'autres expériences faites à Rothamsted ayant permis de conclure que, suivant les saisons, un quart ou près de moitié de la pluie tombée annuellement peut pénétrer jusqu'à un mètre de profondeur dans le sol de Broadbalk, il s'ensuit que pour chaque centimètre de hauteur de pluie passant par les drains, entraînant une partie d'azote dans 100,000 parties d'eau, la perte d'azote provenant de l'engrais appliqué au sol est de 1 kilogramme par hectare.

Dans l'eau de drainage provenant du champ Broadbalk, qui avait reçu à l'automne une fumure de sels ammoniacaux correspondant à 92 kilogr. d'azote à l'hectare, Vœlcker a trouvé par l'analyse, à la mi-janvier 1868, jusqu'à 3,75 parties d'azote sous forme de nitrates et de nitrites dans 100,000 parties d'eau. La perte d'azote par chaque centimètre de hauteur de pluie traversant les drains, s'élevait en conséquence à $3^k,75$ environ par hectare. En supposant que pendant un hiver pluvieux plusieurs centimètres de pluie viennent à s'écouler par les drains, et que, dans le courant de l'automne, de l'hiver et du printemps de 18 à 25 centimètres d'eau passent en dehors de la portée des racines, il s'ensuivrait que la perte de l'azote peut être très considérable.

Les analyses qui seront plus tard faites des eaux de drainage, quand on pourra mesurer le volume exact de l'eau qui passe par les drains, montreront probablement que la proportion, de beaucoup la plus importante, de l'azote non recouvré dans la récolte, se perd par le drainage.

a. — *Expériences analytiques.*

Le champ de Rothamsted, consacré à la culture continue du froment, connu sous le nom de Broadbalkfield, mesure une superficie de 5,66 hectares, partagée en parcelles expérimentales de 27 ares environ, qui depuis 1844 ont été traitées de la même manière, à savoir[1] :

N° 2. Fumier de ferme ; 35,000 kilogr. chaque année ;

N°s 3 et 4. Sans engrais ;

---

1. *Rothamsted : Trente années d'expériences de MM. Lawes et Gilbert,* par A. Ronna ; Paris, 1880.

N° 5. Engrais minéral composé de 224 kilogr. de sulfate de potasse, 112 kilogr. sulfate de soude, 112 kilogr. sulfate de magnésie et 440 kilogr. superphosphate de chaux ;

N° 6. Même engrais minéral que dans le n° 5, plus 224 kilogr. sels ammoniacaux renfermant 46 kilogr. d'azote ;

N° 7. Même engrais minéral que dans le n° 5, plus 448 kilogr. sels ammoniacaux renfermant 92 kilogr. d'azote ;

N° 8. Même engrais minéral que dans le n° 5, plus 672 kilogr. sels ammoniacaux renfermant 138 kilogr. d'azote ;

N° 9. Même engrais minéral que dans le n° 5, plus 616 kilogr. nitrate de soude contenant 92 kilogr. d'azote ;

N° 10. Sans engrais minéral, 448 kilogr. sels ammoniacaux contenant 92 kilogr. d'azote ;

N° 11. Sels ammoniacaux 448 kilogr. et superphosphate 440 kilogr. ;

N° 12. Sels ammoniacaux 448 kilogr. ; superphosphate 440 kilogr. et sulfate de soude 411 kilogr. ;

N° 13. Sels ammoniacaux 448 kilogr. ; superphosphate 440 kilogr. et sulfate de potasse 224 kilogr. ;

N° 14. Sels ammoniacaux 448 kilogr. ; superphosphate 440 kilogr. et sulfate de magnésie 314 kilogr. ;

N° 15 *a*. Mélange d'alcalis (224 kilogr. sulfate de potasse, 112 kilogr. sulfate de soude et 112 kilogr. sulfate de magnésie), plus 440 kilogr. superphosphate préparé avec l'acide chlorhydrique et 448 kilogr. sulfate ammoniacal ;

N° 15 *b*. Même mélange d'alcalis qu'en 15 *a*, plus 440 kilogr. superphosphate, 336 kilogr. sulfate d'ammoniaque et 560 kilogr. tourteau de navette ;

N° 16. Mélange d'alcalis comme en 15 *a*, plus 440 kilogr. superphosphate et 896 kilogr. sels ammoniacaux, de 1852 à 1864 ; puis à partir de 1865, sans engrais.

En perçant des trous à l'extrémité de chacun des drains qui traversent les parcelles par le milieu, des échantillons d'eaux de drainage des parcelles qui viennent d'être désignées ont été recueillis à cinq époques différentes, donnant lieu à cinq séries d'analyses : le 6 décembre 1866, le 21 mai 1867, le 13 janvier 1868, le 21 avril

TABLEAU CCLXXXIV. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted), le 6 décembre 1866.

PREMIÈRE SÉRIE.

	FUMIER de ferme.	SANS engrais.	ENGRAIS MINÉRAL					SELS AMMONIACAUX 448 KIL.					ENGRAIS minéral et 184 kil. azote.
			seul.	avec sels ammoniacaux			avec nitrate 92 kil. azote.	seuls.	avec super-phosph. seul.	superphosphate et			
				46 kil. azote.	92 kil. azote.	138 kil. azote.				sulfate soude.	sulfate potasse.	sulfate magnésie.	
Numéros des parcelles	2	3 et 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
Composition en grammes par litre.													
Chlorure de sodium	0,0322	0,0272	0,0223	0,0396	0,0595	0,0803	0,0194	0,0721	0,0671	0,0671	0,0827	0,0813	0,0125
Sulfate de chaux	0,1998	0,0949	0,1530	0,1814	0,2380	0,2064	0,1001	0,0931	0,1161	0,2145	0,2279	0,2363	0,0115
Nitrate de chaux	0,1142	0,0379	0,0512	0,0777	0,1269	0,1500	0,0413	indét.	0,1323	0,1529	0,1630	0,1746	0,0527
Carbonate de chaux	0,0654	0,1258	0,1211	0,1613	0,1961	0,2330	0,1400	0,2654	0,1987	0,1867	0,2182	0,2617	0,1728
— de magnésie	0,0095	0,0101	0,0117	0,0224	0,0251	0,0246	0,0128	0,0187	0,0161	0,0150	0,0221	0,0316	0,0125
Oxyde de fer	0,0021	0,0057	0,0055	0,0030	0,0214	0,0028	0,0043	0,0050	0,0013	0,0050	0,0064	0,0057	0,0035
Silice soluble	0,0627	0,0114	0,0128	0,0292	0,0284	0,0157	0,0178	0,0113	0,0050	0,0070	0,0087	0,0085	0,0165
Matière organique et perte	0,0201	0,0121	0,0158	0,0221	0,0392	0,0141	0,0230	0,0157	0,0178	0,0193	0,0320	0,0293	0,0107
Composition par litre	0,3060	0,3251	0,3934	0,5367	0,7346	0,7272	0,3587	0,5113	0,5777	0,6975	0,7910	0,8320	0,3230
Ammoniaque par litre	0,0033	0,0025	0,0025	0,0028	0,0008	0,0057	0,0065	indét.	0,0057	0,0039	0,0039	0,0028	0,0014
Acide nitrique combiné par litre	0,0753	0,0250	0,0338	0,0511	0,0835	0,0989	0,0273	id.	0,0870	0,1006	0,1076	0,1150	0,0316
Résidu total par litre	0,5384	0,3016	0,3829	0,5291	0,6939	0,6953	0,3522	0,5155	0,5070	0,7038	0,7408	0,7988	0,3308

1868 et le 29 décembre 1869. Pour chacune de ces séries, les drains, aux dates choisies, étaient en plein écoulement.

Première série. — Les analyses des 13 échantillons d'eau de drainage de la première série, recueillis le 6 décembre 1866, donnent lieu à des observations importantes (tableau CCLXXXIV).

1. Le résidu total par litre varie considérablement suivant les engrais de chaque parcelle.

2. L'influence de la fumure à l'engrais minéral et ammoniacal (parcelle 16) qui n'a plus été appliqué à partir de 1864, est encore sensible, quoique la différence entre le résidu solide de la parcelle 16 et des parcelles 3 et 4 sans engrais soit seulement de $0^{gr},0292$ par litre.

3. Les engrais ammoniacaux augmentent la proportion d'éléments minéraux de l'eau de drainage, d'autant qu'ils ont été appliqués en plus grande quantité.

4. Les engrais ammoniacaux augmentent notamment la proportion de chaux combinée, dans l'eau de drainage, à l'état de nitrate en grande partie.

5. Les parcelles qui ont reçu des chlorures laissent passer dans l'eau de drainage plus de chlore à l'état de chlorures que les autres parcelles.

6. Il en est de même de l'acide sulfurique ; ce qui confirme les essais du professeur Way pour démontrer que le sol n'absorbe ni ne retient les éléments acides des sulfates et des chlorures.

7. La proportion élevée de silice soluble contenue dans l'eau de drainage de la parcelle 2, fumée depuis 1844 avec du fumier de ferme, paraît résulter de la paille riche en silice.

8. Les treize échantillons d'eau sont remarquablement pauvres en ammoniaque, bien que plusieurs parcelles aient reçu des doses considérables d'engrais ammoniacaux.

Si l'on se reporte aux dosages de l'ammoniaque et de l'acide nitrique dans l'eau de pluie tombée en 1855, à Rothamsted, faits par le professeur Way (tableau CCLXXXV), on constate qu'il y a plus d'ammoniaque dans l'eau de pluie moyenne de l'année que dans les eaux de drainage soumises à l'analyse ; Way avait en effet trouvé 1.228 p. 100 d'ammoniaque dans 1,000,000 d'eau de pluie, et MM. Lawes et Gilbert une partie seulement, en moyenne.

Vœlcker, dans l'examen qu'il a fait des eaux de drainage, à toutes les époques de l'année, n'y a toujours décélé que des traces d'ammoniaque, tandis que la proportion en acide nitrique y est toujours plus élevée que dans l'eau de pluie.

TABLEAU CCLXXXV. — Dosage de l'ammoniaque et de l'acide nitrique dans l'eau de pluie recueillie en 1855 à Rothamsted.

MOIS DE L'ANNÉE 1855.	AMMONIAQUE.	ACIDE nitrique.
	Grammes.	Grammes.
Janvier	0,0131	0,0024
Février	0,0143	0,0060
Mars	0,0123	0,0030
Avril	0,0146	0,0050
Mai	0,0114	0,0050
Juin	0,0148	0,0114
Juillet	0,0087	0,0024
Août	0,0114	0,0035
Septembre	0,0135	0,0030
Octobre	0,0087	0,0051
Novembre	0,0077	0,0025
Décembre	0,0095	0,0024
MOYENNES	0,0116	0,0047

9. Les parcelles 3 et 4 laissées sans engrais depuis 25 ans, renferment dans l'eau de drainage de l'acide nitrique en quantité appréciable, mais moindre que dans les autres parcelles. Dans la parcelle 16 fumée à l'aide d'engrais ammoniacaux jusqu'en 1864 seulement, la teneur de l'eau de drainage en acide nitrique est encore plus forte que dans les parcelles sans engrais.

Quoique le fumier de ferme ne contienne pas de nitrates, l'eau de drainage de la parcelle 2 titre 0^{gr},0753 par litre d'acide nitrique, trois fois plus que l'eau des parcelles sans engrais : il s'ensuit qu'il est préférable de fumer à des doses plus réduites chaque sole d'une rotation, au lieu d'appliquer une forte fumure de fumier à l'une des soles seulement, pour éviter le risque de la perte des éléments azo-

tés que la pluie entraîne dans les eaux de drainage, lorsque la végétation est au repos.

10. La teneur des eaux de drainage en acide nitrique semble augmenter proportionnellement à la dose d'engrais ammoniacaux appliqués aux parcelles.

Les sels ammoniacaux, dans un sol perméable à l'air, subissent une décomposition ; l'ammoniaque s'oxyde graduellement pour se convertir en acide nitrique qui se retrouve dans l'eau de drainage à l'état de combinaison avec la chaux, et aussi, avec la magnésie. C'est l'acide nitrique, selon toutes probabilités, et non l'ammoniaque, qui fournirait ainsi aux plantes l'azote contenu dans les éléments du sol.

11. L'eau de drainage de la parcelle 9, fumée chaque année avec du nitrate de soude représentant 92 kilogr. d'azote à l'hectare, confirme le fait que le sol n'a pas le pouvoir d'absorber la soude, ni l'acide nitrique, car elle renferme à peine plus d'acide nitrique, au mois de décembre, que les eaux des parcelles 3 et 4 sans engrais. Au contraire, dans la parcelle 7 qui a reçu des sels ammoniacaux équivalant comme azote au nitrate de soude de la parcelle 9, l'eau de drainage renferme trois fois plus d'acide nitrique.

Il s'ensuit que le nitrate dont l'action est plus immédiate et plus rapide que celle des sels ammoniacaux est plus facilement entraîné, et que, dans les années pluvieuses, il y a tout intérêt à retarder l'application en couverture du nitrate.

Deuxième série. — Sauf la parcelle 2 dont l'eau de drainage ne put être recueillie en quantité suffisante au mois de mai 1867, les analyses des eaux des autres parcelles furent répétées en dosant séparément la potasse, la soude et l'acide carbonique, ainsi que l'acide phosphorique, mais en négligeant l'ammoniaque dont de faibles traces seulement avaient été reconnues (tableau CCLXXXVI).

Le résidu solide par litre varie entre 0gr,2373 (parcelles 3 et 4, sans engrais) et 0gr,4648 (parcelle 14 ayant reçu 448 kilogr. de sels ammoniacaux mélangés avec du superphosphate et du sulfate de magnésie). Sur la parcelle 5, qui a été traitée seulement par de l'engrais minéral, sans azote, le résidu composé presque exclusivement de matières minérales, est seulement de 0gr,2887 par litre. Sur la parcelle 10, au contraire, qui n'a été traitée que par des sels ammo-

TABLEAU CCLXXXVI. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted), le 21 mai 1867.

DEUXIÈME SÉRIE.

	SANS	ENGRAIS MINÉRAL					SELS AMMONIACAUX 448 KIL.					ENGRAIS
	engrais.	seul.	avec sels ammoniacaux et 46 kil. azote.	avec sels ammoniacaux et 92 kil. azote.	avec sels ammoniacaux et 138 kil. azote.	avec nitrate 92 kil. azote.	seuls.	avec superphosph. seul.	avec superphosphate et sulfate soude.	avec superphosphate et sulfate potasse.	avec superphosphate et sulfate magnésie.	minéral et 184 kil. azote.
Numéros des parcelles	3 et 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
Composition en grammes par litre.												
Chlorure de sodium	0,0094	0,0127	0,0213	0,0230	0,0273	0,0124	0,0229	0,0167	0,0216	0,0122	0,0127	0,0033
Nitrate de soude	»	»	»	»	»	0,0474	»	»	»	»	»	»
Carbonate de soude	»	0,0028	0,0094	»	»	0,0518	»	»	0,0197	»	»	»
Chlorure de potassium	0,0035	»	»	»	»	»	0,0060	0,0018	»	0,0054	0,0035	0,0008
Carbonate de potasse	»	0,0078	0,0058	0,0083	0,0010	0,0031	»	»	0,0030	»	»	»
Chlorure de calcium	»	»	»	»	»	»	»	0,0040	»	0,0096	0,0096	0,0056
Nitrate de chaux	0,0030	0,0034	0,0051	0,0045	0,0160	»	0,0021	0,0030	0,0063	0,0053	0,0070	0,0060
Sulfate —	0,0149	0,0548	0,0648	0,0787	0,1073	0,0395	0,0165	0,0664	0,1016	0,0859	0,1045	0,0257
Carbonate —	0,1782	0,1772	0,1951	0,2001	0,2430	0,1889	0,1903	0,2350	0,2117	0,2752	0,2722	0,2357
Carbonate de magnésie	0,0117	0,0096	0,0077	0,0150	0,0150	0,0156	0,0147	0,0177	0,0150	0,0153	0,0191	0,0128
Oxyde de fer	0,0021	0,0053	0,0035	0,0061	0,0041	0,0013	0,0041	0,0041	0,0057	0,0058	0,0013	0,0015
Acide phosphorique	0,0007	0,0004	0,0021									
Silice soluble	0,0085	0,0073	0,0070	0,0078	0,0064	0,0064	0,0085	0,0073	0,0085	0,0098	0,0030	0,0085
Matière organique et perte	0,0053	0,0074	0,0101	0,0141	0,0260	0,0156	0,0171	0,0273	0,0310	0,0325	0,0289	0,0024
Résidu solide par litre (séché à 125° cent.)	0,2373	0,2887	0,3319	0,3579	0,4471	0,3850	0,3125	0,3836	0,4271	0,4570	0,4648	0,3053
Acide nitrique	0,0020	0,0023	0,0034	0,0030	0,0105	0,0302	0,0015	0,0020	0,0041	0,0036	0,0016	0,0010

niacaux, sans engrais minéral, il semble que les sels ammoniacaux aient cessé, après un certain temps, d'extraire du sol les matières minérales solubles, car le résidu de l'eau de drainage est bien inférieur à celui des parcelles voisines, 11 et 14, sous le rapport des matières solides.

Le résidu des eaux de drainage recueillies dans l'ensemble des parcelles, au mois de mai, est moins considérable que celui des eaux recueillies en hiver. En outre, à l'exception de l'eau de la parcelle 9 traitée par le nitrate de soude, les eaux des autres parcelles renferment moins d'acide nitrique au mois de mai qu'au mois de décembre. La différence de teneur en acide nitrique des eaux provenant de parcelles traitées par le nitrate et par les sels ammoniacaux, corrobore l'action plus énergique du nitrate sur la végétation. Pendant la croissance active des céréales qui ont reçu du nitrate en couverture, un excès considérable de substances nutritives azotées circule dans le sol, qui ne se rencontre pas pendant la même période dans le sol traité par les sels ammoniacaux.

Les analyses de toutes les eaux du mois de mai indiquent la présence de faibles quantités de potasse, tandis que pour la soude, dans les eaux des parcelles 9 et 12 traitées par le nitrate et le sulfate de soude, la proportion est beaucoup plus grande que dans celles des parcelles sans engrais.

L'acide phosphorique dosé directement dans trois échantillons (parcelles 3 et 4, 5 et 6), est représenté par des milligrammes, ou des fractions de milligramme.

Quant à l'acide sulfurique, la proportion paraît augmenter proportionnellement à celle de la chaux ; ce que l'on doit attribuer au sulfate d'ammoniaque qui, en filtrant en dissolution à travers un sol pourvu de carbonate de chaux, se décompose : l'ammoniaque est retenue par le sol, et l'acide sulfurique passe dans l'eau de drainage à l'état de sulfate de chaux.

Troisième série. — Les analyses d'eau de la troisième série (tableau CCLXXXVII), recueillies le 12 janvier 1868, donnent lieu aux mêmes observations que celles des eaux des séries précédentes.

Le résidu solide par litre varie entre 0gr,2373 (parcelles 3 et 4) et 0gr,4648 (parcelle 14). Dans la parcelle 16 qui n'a plus été fu-

TABLEAU CCLXXXVII. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted), le 13 janvier 1868.

TROISIÈME SÉRIE.

	FUMIER de ferme.	SANS engrais.	ENGRAIS MINÉRAL seul.	ENGRAIS MINÉRAL avec sels ammoniacaux 46 kil. azote.	ENGRAIS MINÉRAL avec sels ammoniacaux 92 kil. azote.	ENGRAIS MINÉRAL avec sels ammoniacaux 138 kil. azote.	ENGRAIS MINÉRAL avec nitrate 92 kil. azote.	SELS AMMONIACAUX 418 KIL. seuls.	SELS AMMONIACAUX 418 KIL. avec superphosph. seul.	SELS AMMONIACAUX 418 KIL. avec superphosphate et sulfate soude.	SELS AMMONIACAUX 418 KIL. avec superphosphate et sulfate potasse.	SELS AMMONIACAUX 418 KIL. avec superphosphate et sulfate magnésie.	SUPERPHOSPH. et sulfate ammoniacaux.	ENGRAIS minéral et 184 kil. azote.
Numéros des parcelles. . . .	2	3 et 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
							Composition en grammes par litre.							
Chlorure de sodium.	0,0258	0,0108	0,0278	0,0193	0,0282	0,0273	0,0312	0,0137	0,0170	0,0648	0,0149	0,0153	0,0340	0,0075
Nitrate de soude	»	»	»	»	»	»	0,0702	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de potassium . . .	0,0087	0,0015	»	0,0135	0,0030	0,0060	»	0,0033	0,0014	0,0060	0,0093	0,0012	0,0147	0,0060
Carbonate de potasse	»	»	0,0161	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nitrate —	»	»	»	»	»	»	0,0036	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium.	0,0033	0,0084	»	0,0238	0,0149	0,0673	»	0,0562	0,0625	0,0236	0,0703	0,0792	0,0138	0,0162
Nitrate de chaux	0,0734	0,0390	0,0542	0,0997	0,1643	0,1815	»	0,1481	0,1683	0,1761	0,2050	0,2206	0,2718	0,0790
Sulfate —	0,1604	0,0424	0,1881	0,2030	0,2233	0,2024	0,0965	0,1005	0,1232	0,2312	0,1839	0,2261	0,2912	0,0160
Carbonate —	0,0782	0,1198	0,0989	0,0914	0,1422	0,1206	0,1228	0,1574	0,1096	0,1148	0,1150	0,1095	0,0965	0,1056
Carbonate de magnésie . . .	0,0108	0,0095	0,0138	0,0191	0,0162	0,0168	»	0,0161	0,0168	0,0123	0,0174	0,0338	0,0267	0,0123
Nitrate — . . .	»	»	»	»	»	»	0,0136	»	»	»	»	»	»	»
Oxyde de fer	0,0030	0,0050	0,0021	0,0021	0,0035	0,0043	0,0050	0,0028	0,0022	0,0021	0,0028	0,0037	0,0037	0,0015
Acide phosphorique.	»	»	»	»	»	»	»	0,0020	0,0025	0,0021	0,0014	0,0013	0,0020	0,0014
Silice soluble.	0,0085	0,0043	0,0064	0,0078	0,0028	0,0099	0,0085	0,0064	0,0043	0,0028	0,0050	0,0035	0,0013	0,0035
Matière organique et perte .	0,0100	0,0113	0,0031	0,0393	0,0369	0,0835	0,0030	(0,0097)	0,0346	0,0186	0,0160	0,0672	0,0618	0,0170
Résidu solide.	0,1121	0,2580	0,1045	0,5240	0,6353	0,7195	0,3544	0,5065	0,5121	0,6571	0,6710	0,7617	0,8205	0,2960
Acide nitrique	0,0183	0,0257	0,0356[1]	0,0655	0,1032	0,1195	0,0461	0,0976[2]	0,1108	0,1159	0,1348	0,1453	0,1789	0,0521
Ammoniaque	0,0005	0,0017	0,0018	0,0020	0,0008	0,0008	0,0020	0,0010	0,0009	0,0006	0,0013	0,0007	0,0025	0,0011

1. Avec un excédent de 0gr,0031.
2. — — de 0gr,0097.

mée à haute dose depuis 1864, le résidu solide est encore plus élevé que dans les parcelles 3 et 4 sans engrais, mais moindre que dans toutes les autres parcelles ayant reçu des sels ammoniacaux.

L'ammoniaque n'étant présente qu'à l'état de traces, n'a pas été dosée, tandis que l'acide nitrique a été déterminé dans tous les échantillons.

La proportion d'acide nitrique, qui atteint jusqu'à 0gr,1789 dans les eaux de la parcelle 15, augmente suivant la quantité d'engrais ammoniacaux appliqués au sol ; mais lorsque l'azote est utilisé comme engrais, à l'état de nitrate de soude (parcelle 9), la teneur en acide nitrique de l'eau de drainage est bien moins forte. A l'augmentation de l'acide nitrique correspond celle de la chaux, qui se trouve dans l'eau de drainage à l'état de nitrate de chaux.

Les analyses de la troisième série confirment la différence du pouvoir absorbant du sol pour la potasse et pour la soude, et la faible déperdition de l'acide phosphorique par le drainage.

Quatrième série. — La parcelle 2, traitée par le fumier de ferme, n'ayant pas fourni assez d'eau le 21 avril 1866, manque dans la quatrième série, pour laquelle on a déterminé non seulement la potasse et la soude, et l'acide phosphorique, mais aussi l'ammoniaque, quand elle se trouvait à une dose appréciable (tableau CCLXXXVIII).

On remarquera que le résidu solide varie beaucoup moins que dans la série précédente. Sauf pour la parcelle 9, traitée par le nitrate, dont l'eau de drainage laisse un résidu de 0gr,6824 par litre, le poids du résidu des eaux des autres parcelles est compris entre 0gr,2017 et 0gr,4228. Les éléments solubles nutritifs que renferme le sol paraissent ainsi être mieux absorbés par le froment dans la saison de printemps, pendant laquelle la déperdition due au drainage est moindre qu'en automne et en hiver.

Toutes les autres observations faites précédemment se vérifient ici quant à la potasse, à la soude, à l'acide phosphorique, etc. Il y a lieu de noter la proportion insolite de silice soluble dans les eaux de certaines parcelles, telles que 6 et 13, et la teneur élevée en acide nitrique des eaux de la parcelle 9, traitée par le nitrate de soude. L'acide nitrique qui se perd n'est pas seulement combiné avec la soude, mais encore avec la chaux, la magnésie et la potasse.

TABLEAU CCLXXXVIII. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted), le 21 avril 1868.

QUATRIÈME SÉRIE.

	SANS	ENGRAIS MINÉRAL					SELS AMMONIACAUX 448 KIL.					SUPERPHOSPH. et sulfate ammoniacaux.	ENGRAIS minéral et 184 kil. azote.
			avec sels ammoniacaux						avec superphosphate et				
	engrais.	seul.	46 kil. azote.	92 kil. azote.	138 kil. azote.	avec nitrate 92 kil. azote.	seuls.	avec superphosph. seul.	sulfate soude.	sulfate potasse.	sulfate magnésie.		
Numéros des parcelles	3 et 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Composition en grammes par litre.													
Chlorure de sodium	0,0135	0,0152	0,0172	0,0131	0,0083	0,0210	0,0108	0,0137	0,0084	0,0083	0,0097	0,0167	0,0163
Carbonate de soude	0,0012	0,0053	0,0028	»	»	»	»	» [1]	(0,0284)	»	»	0,0022	»
Nitrate —	»	»	»	»	»	0,2208	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de potassium	»	»	»	0,0041	0,0030	»	0,0013	0,0021	0,0016	0,0030	0,0021	0,0018	0,0065
Carbonate de potasse	0,0014	0,0041	0,0041	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nitrate —	»	»	»	»	»	0,0128	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium	»	»	»	0,0131	0,0201	»	0,0166	0,0093	»	0,0221	0,0250	»	0,0021
Nitrate de chaux	0,0050	0,0073	0,0109	0,0263	0,0353	0,0760	0,0618	0,0416	0,0101	0,0329	0,0393	0,0415	0,0313
Sulfate —	0,0191	0,0634	0,0588	0,0897	0,0992	0,0405	0,0557	0,0509	0,0348	0,0897	0,1132	0,1374	0,0418
Carbonate —	0,1346	0,1181	0,1038	0,1191	0,0697	0,1976	0,0940	0,1306	0,2155	0,0729	0,1507	0,1319	0,1253
Carbonate de magnésie	0,0141	0,0138	0,0162	0,0168	0,0318	»	0,0157	0,0137	0,0150	0,0332	0,0210	0,0142	0,0116
Nitrate —	»	»	»	»	»	0,0363	»	»	»	»	»	»	»
Oxyde de fer	0,0035	0,0013	0,0028	0,0061	0,0022	0,0050	0,0035	0,0036	0,0028	0,0022	0,0050	0,0013	0,0013
Acide phosphorique	0,0006	0,0014	0,0009	0,0009	0,0002		0,0008	0,0007	0,0003	0,0007	0,0007	0,0010	0,0006
Silice soluble	0,0050	0,0193	0,0727	0,0399	0,0655	0,0122	0,0085	0,0114	0,0228	0,0756	0,0093	0,0093	0,0035
Matière organique et perte	0,0007	0,0166	0,0315	0,0166	0,0169	0,0572	0,0412	0,0171	0,0409	0,0549	0,0468	0,0316	0,0166
Résidu solide	0,2017	0,2688	0,3250	0,3373	0,3822	0,6821	0,3229	0,2980	0,3836	0,3958	0,4228	0,3979	0,2662
Acide nitrique	0,0033	0,0053	0,0073	0,0173	0,0233	0,2214	0,0390	0,0293	0,0067	0,0217	0,0260	0,0292	0,0227
Ammoniaque	faibles traces	nulle	traces	0,0009	»	nulle	0,0011	nulle	0,0061	0,0015	nulle	nulle	0,0007

1. Sulfate de soude.

TABLEAU CCLXXXIX. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted), le 29 décembre 1869.

CINQUIÈME SÉRIE.

	SANS	ENGRAIS MINÉRAL					SELS AMMONIACAUX 118 KIL.					SUPERPHOSPH.	ENGRAIS
			avec sels ammoniacaux			avec		avec	avec superphosphate et			et	minéral et
	engrais.	seul.	46 kil. azote.	92 kil. azote.	138 kil. azote.	nitrate 92 kil. azote.	seuls.	super-phosph. seul.	sulfate soude.	sulfate potasse.	sulfate magnésie.	sulfate ammoniacaux.	184 kil. azote.
Numéros des parcelles	3 et 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Composition en grammes par litre.												
Chlorure de sodium	0,0062	0,0135	0,0120	0,0160	0,0170	0,0137	0,0051	0,0076	0,0149	0,0090	0,0035	0,0273	0,0113
Carbonate de soude	»	0,0022	»	»	»	0,0217	»	»	»	»	»	»	»
Nitrate —	»	»	»	»	»	0,0399	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de potassium	0,0018	»	0,0027	0,0022	0,0038	»	0,0007	0,0008	0,0033	0,0028	0,0003	0,0052	0,0021
Carbonate de potasse	»	0,0015	»	»	»	0,0091	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium	0,0050	»	0,0191	0,0385	0,0515	»	0,0498	0,0159	0,0103	0,0196	0,0697	0,0088	0,0053
Nitrate de chaux	0,0292	0,0309	0,0556	0,0873	0,1095	»	0,1145	0,1002	0,0990	0,1035	0,1195	0,1085	0,0322
Sulfate —	0,0380	0,1029	0,1132	0,1410	0,1457	0,0707	0,0705	0,0894	0,1721	0,1347	0,1656	0,2022	0,0308
Carbonate —	0,0800	0,0894	0,0853	0,0907	0,1051	0,0761	0,0772	0,0850	0,1015	0,0951	0,0979	0,1038	0,1157
Carbonate de magnésie	0,0081	0,0188	0,0131	0,0138	0,0058	0,0041	0,0112	0,0117	0,0114	0,0095	0,0150	0,0099	0,0060
Oxyde de fer et acide phosphorique	0,0121	0,0050	0,0021	0,0028	»	0,0072	0,0013	0,0028	0,0022	0,0015	»	0,0021	0,0014
Silice soluble	0,0250	0,0311	0,0064	0,0057	0,0064	0,0073	0,0036	0,0286	0,0179	0,0135	0,0152	0,0527	0,0529
Matière organique et perte	0,0256	»	0,0160	0,0326	0,0186	0,0236	0,0360	0,0222	»	0,0025	0,0231	0,0114	»
Résidu solide	0,2310	0,2986	0,3258	0,4336	0,4933	0,2745	0,3729	0,3942	0,4926	0,4520	0,5393	0,5340	0,2577
Acide nitrique	0,0193	0,0201	0,0366	0,0574	0,0721	0,0251	0,0751	0,0660	0,0633	0,0681	0,0787	0,0714	0,0213

Cinquième série. — Après deux mois secs, octobre et novembre, les pluies abondantes de décembre 1869 permirent de recueillir les eaux de toutes les parcelles, sauf pour le n° 2 (tableau CCLXXXIX). Il semble que l'accumulation de matière organique due au fumier de ferme dans cette parcelle ayant rendu le sol plus léger et plus spongieux, l'eau s'y arrête et ne s'écoule par les drains que lorsqu'il y a continuité et excès de pluie. L'ammoniaque n'étant présente qu'à l'état de traces, n'a pas été dosée. Quant aux autres éléments, les mêmes observations suggérées par les analyses des quatre séries antérieures se confirment pour celles-ci.

Les sels ammoniacaux appliqués au blé de Broadbalkfield à l'automne, et enfouis avant la semaille, abandonnent une dose d'acide nitrique dans les eaux de drainage recueillies l'hiver beaucoup plus forte que dans celles recueillies au printemps. C'est le contraire qui a lieu pour le nitrate de soude appliqué en couverture vers la mi-mars.

Pour pouvoir juger de la perte d'acide nitrique, constatée dans les cinq séries d'expériences, Vœlcker a réuni dans un tableau les quantités d'azote pour chaque parcelle et chaque série, enlevé dans 100,000 parties d'eau de drainage, à l'état de nitrates et de nitrites (tableau CCXC). Il est facile en le parcourant de reconnaître combien la perte est importante quand les engrais ammoniacaux sont appliqués à l'automne et que l'hiver est pluvieux, puisqu'elle peut atteindre de 2,59 à 3,75 d'azote pour 100,000 parties d'eau.

Le tableau CCXCI résume les mêmes données, en les groupant suivant le mode de fumure appliqué aux parcelles de Broadbalkfield.

b. — *Conclusions.*

Les conclusions de ces laborieux essais ont été présentées par Vœlcker, sans que nous croyions devoir les modifier, au risque de nous répéter.

1. La proportion d'ammoniaque et d'acide nitrique que l'eau de pluie renferme dans l'année est trop faible pour subvenir aux besoins de nourriture azotée que réclame une bonne et profitable récolte de froment.

TABLEAU CCXC. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted) cultivées en blé depuis 1844.

Azote à l'état de nitrates et de nitrites dans 100,000 parties d'eau.

	FUMIER de ferme.	SANS engrais.	ENGRAIS MINÉRAL					SELS AMMONIACAUX 418 KIL.					ENGRAIS minéral et 184 kil. azote jusques 1864.	MOYENNES.
			seul.	Avec sels ammoniacaux 46 kil. azote.	92 kil. azote.	138 kil. azote.	avec nitrate. 92 kil. azote.	seuls.	avec superphosphate.	Avec superphosphate et sulfate soude.	sulfate potasse.	sulfate magnésie.		
Nos DES PARCELLES.	2.	3 et 4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	16.	
6 décembre 1866, écoulement plein.	1.956	0.648	0.878	1.330	2.170	2.567	0.707	»	2.263	2.615	2.796	9.289	0.900	1.818
21 mai 1867, écoulement plein	»	0.052	0.059	0.089	0.078	0.274	0.785	0.041	0.052	0.107	0.093	0.119	0.101	0.151
13 janvier 1868, écoulement plein	1.256	0.067	0.926	1.704	2.811	3.104	1.196	2.533	2.878	3.011	3.501	3.771	0.659	2.156
21 avril 1868, écoulement plein	»	0.085	0.137	0.189	0.448	0.578	5.830	1.015	0.763	0.171	0.563	0.671	0.589	0.929
29 décembre 1869, écoulement abondant.	»	0.500	0.530	0.952	1.493	1.874	0.659	1.959	1.715	1.641	1.770	2.041	0.552	1.368
Moyennes. . . .	1.606	0.390	0.506	0.853	1.100	1.679	1.885	1.387	1.531	1.510	1.745	1.929	0.561	1.362

2. Quoique très faible dans l'eau de pluie, la proportion d'ammoniaque dans les 70 échantillons d'eaux de drainage soumises à l'analyse est encore plus faible.

TABLEAU CCXCI. — Composition des eaux de drainage des parcelles diversement fumées de Broadbalkfield (Rothamsted) cultivées en blé depuis 1844.

Résumé du tableau précédent.

	PARCELLE n° 2. Fumier.	PARCELLES nos 3, 4, 5 et 16. Sans engrais azoté.	PARCELLE n° 6. 46 kil. azote ammoniacal.	PARCELLES nos 7, 10, 11 12, 13 et 14. 92 kil. azote ammoniacal.	PARCELLE n° 9. 92 kil. acide nitrique.	PARCELLE n° 8. 138 kil. azote ammoniacal.
Azote à l'état de nitrates et de nitrites dans 100,000 *p. d'eau.*						
6 déc. 1866, écoulement plein.	1.956	0.809	1.330	2.567	0.707	2.567
21 mai 1867, écoulement plein.	»	0.072	0.089	0.082	0.785	0.271
13 janvier 1868, écoulement plein	1.255	0.751	1.704	3.085	1.196	3.101
21 avril 1868, écoulement plein.	»	0.270	0.189	0.606	5.830	0.578
29 déc. 1869, écoulement abondant	»	0.527	0.952	1.771	0.659	1.871
Moyennes. . . .	1.606	0.436	0.853	1.622	1.835	1.679

3. D'autre part, la proportion d'acide nitrique est plus élevée que dans l'eau de pluie recueillie en toute saison.

4. L'analyse des eaux de drainage provenant des parcelles diversement fumées d'un même champ en culture confirme la propriété dont jouit le sol de modifier la composition des engrais et de préparer pour la plante des aliments à la fois assez peu solubles pour ne pas lui nuire, et assez peu insolubles pour ne pas demeurer inertes.

5. Quoique les eaux de drainage renferment des quantités appréciables d'acide phosphorique et de potasse, on peut affirmer qu'au point de vue pratique elles ne font pas subir une perte importante de ces éléments au sol cultivé.

6. Tandis que l'acide phosphorique et la potasse, deux éléments essentiels, sont retenus presque en totalité par le sol, la chaux, la

magnésie, l'acide sulfurique, le chlore et la silice soluble, plus abondamment répartis, se perdent en quantités considérables par les eaux de drainage.

7. La masse d'éléments fertilisants entraînés par les eaux est plus considérable dans les terres richement fumées que dans les terres non fumées.

8. La perte est plus grande pendant les mois d'automne et d'hiver que pendant l'époque de croissance active des plantes.

9. Les matières organiques azotées, fournies par le fumier de ferme, se décomposent graduellement pour former des composés ammoniacaux que le sol retient quelque temps, et qui s'oxydent finalement à l'état de nitrates. Le fumier supplée ainsi à une alimentation azotée plus continue que le nitrate de soude qui, s'il n'est pas utilisé tout entier par la récolte à laquelle on l'applique, est dissipé en grande partie par le drainage.

10. Bien que le sol jouisse de la propriété de décomposer les sels ammoniacaux et d'absorber ou de retenir l'ammoniaque pendant un certain temps, celle-ci s'oxyde rapidement quand le sol est perméable et, dans les saisons pluvieuses, une forte quantité des sels ammoniacaux appliqués comme engrais se perd par les drains.

11. A chaque augmentation d'engrais ammoniacal correspond une perte plus forte d'azote à l'état d'acide nitrique entraîné par le drainage.

12. Le nitrate de soude est promptement enlevé par la pluie, car le sol n'a pas le pouvoir d'absorber, ni de retenir, l'acide nitrique ou la soude. Aussi, dans les années pluvieuses, la perte d'azote, par l'application en couverture du nitrate au froment, est-elle très considérable.

13. Les parcelles sans engrais, comme celles soumises à l'engrais, ont fourni dans les eaux de drainage des quantités appréciables d'azote à l'état de nitrates ; ce qui prouve qu'il y a toujours une déperdition par le drainage du sol.

14. La fertilité d'un sol est plus rapidement amoindrie par la perte d'azote dans l'eau de drainage que par celle des autres matières minérales assimilables.

15. Il s'ensuit que pour obtenir un accroissement de récolte, il

faut donner au sol beaucoup plus de nourriture azotée que ne justifie la théorie.

16. On trouve des nitrates dans les eaux d'égouttement du sol, quelle que soit la saison, mais il n'en est pas de même des sels ammoniacaux. On pourrait dès lors en conclure que c'est aux nitrates principalement que les récoltes empruntent leurs éléments organiques constituants.

17. Le fumier de ferme frais devra, en conséquence, être répandu de préférence à l'automne ou à l'hiver, afin de permettre aux matières azotées de se transformer en nitrates pour subvenir aux besoins de la végétation dès le printemps.

18. Ni les sels ammoniacaux, ni les engrais ammoniacaux, ne doivent être distribués à l'automne, mais à la fin de l'hiver, et de meilleure heure que le nitrate de soude ; c'est à la fin de février ou au commencement de mars que l'on appliquera de préférence ces engrais.

19. Quant au nitrate de soude on devra, dans les années ordinaires, le distribuer assez tard, vers le milieu ou à la fin de mars, comme engrais en couverture pour céréales.

II. — Désinfectants et antiseptiques.

Dans une conférence faite en 1866 aux membres de la Société Royale d'agriculture, Vœlcker a examiné le rôle des agents de désinfection par rapport aux maladies contagieuses que développent les animaux atteints ou morts du typhus, soit par leurs sécrétions et leurs émanations, soit par le contact avec quelques parties de leur dépouille [1].

Sans se prononcer sur la nature et le caractère des typhus, ni sur les causes de transmission des maladies infectieuses, Vœlcker établit la différence à observer entre les agents solides, liquides ou gazeux qui peuvent détruire ou désorganiser toutes les substances susceptibles de régénérer la maladie, et ceux qui, tout en dissipant les gaz ou les vapeurs incommodes, ne parviennent pas à détruire la cause et la source de l'infection. Ainsi, le chlore et l'acide nitreux n'enlèvent

1. *On disinfectants,* février 1866.

pas seulement l'odeur des déjections, mais ils désagrègent la matière organique et la transforment en gaz relativement inoffensifs, aussi complètement que le feu pourrait le faire. D'autre part, l'acide phénique, la créosote, etc., qui sont susceptibles, bien qu'employés à petites doses, d'empêcher la putréfaction de la viande, du sang, de l'urine et d'autres matières organiques corruptibles, ne sont que des agents antiseptiques. Il est vrai qu'à l'état concentré ces derniers corps détruisent également la matière organique, mais à cet état, ils ne peuvent pas être généralement appliqués. Enfin, certains agents tels que les chlorures de zinc, de fer, de sodium; les sulfates de fer et de zinc; les nitrates de plomb, etc., neutralisent seulement les émanations putrides ou nauséabondes, sans exercer aucune action sur le foyer même de putréfaction.

1. — Désinfectants.

Parmi les désinfectants les plus connus et les plus efficaces, il y a lieu de signaler le chlorure de chaux, le chlore, l'acide sulfureux, l'acide nitrique, l'acide nitreux, la chaux vive, la soude, le charbon de bois et de tourbe, la terre sèche, le manganate et les permanganates de potasse ou de soude, le feu, la chaleur et l'air.

Chlorure de chaux. — Le principe actif du chlorure de chaux est l'hypochlorure que tous les acides minéraux décomposent facilement; l'acide carbonique faible, toujours présent dans l'air atmosphérique, agit même sur le chlorure qu'il décompose en formant du carbonate de chaux et laissant dégager de l'acide hypochloreux. Dans ce dernier acide, la combinaison du chlore et de l'oxygène est si faible que les deux éléments se dissocient sans difficulté. Le chlore ne s'unit pas seulement avec l'hydrogène pur, mais il s'associe avec l'hydrogène combiné dans d'autres substances, notamment dans les substances organiques composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. L'acide chlorhydrique se dissocie rapidement, ou mieux se sépare en gaz oxygène libre et en chlore, qui, tous deux, désorganisent et brûlent complètement la plupart des matières animales et végétales. Il s'ensuit qu'en faisant bouillir pendant un certain temps de la viande dans du chlorure de chaux, elle se désagrège et se réduit en produits

gazeux et inoffensifs. C'est donc un des produits les plus énergiques pour désinfecter des dépouilles d'animaux ou pour lessiver les parois des murs, des planchers souillés par des matières infectieuses. A cet effet, on prépare un liquide laiteux en mélangeant 300 à 400 gr. de chlorure dans 10 litres d'eau. Pour obtenir une dissolution limpide, on agite 50 gr. de chlorure dans 4 à 5 litres d'eau, et après avoir laissé reposer on décante le liquide qui surnage.

Malgré son efficacité, le chlorure de chaux ne peut être employé dans les étables ou les bergeries, tant que les animaux y sont, car à la dose voulue pour détruire les miasmes contagieux, il nuirait à la santé des bêtes, et à une dose trop faible, il ne remplirait pas le but cherché.

Chlore. — Le gaz chlore est encore plus concentré et plus énergique que le chlorure, quand il est employé dans les étables, les hangars et abris. Les fumigations de ce gaz s'obtiennent en mélangeant dans une terrine profonde 3 parties en poids de sel marin, 1 partie d'oxyde noir de manganèse et 2 parties d'acide sulfurique, avec une égale proportion d'eau.

Le mélange de sel et de manganèse étant préparé d'avance, il suffit de verser dessus l'acide sulfurique, dilué avec son poids d'eau, et pour obtenir le dégagement de la totalité du chlore, de placer le récipient sur un feu doux de charbon de bois.

Le chlore étant un gaz délétère, on devra soigneusement éviter de l'inhaler en préparant les fumigations.

Acide sulfureux. — L'acide sulfureux agit non moins efficacement, mais il est d'une préparation plus simple puisqu'il suffit d'allumer de la fleur de soufre dans un récipient. Le gaz acide sulfureux qui se dégage détruit énergiquement la matière organique inhérente aux parois que l'on ne peut atteindre avec le chlorure de chaux ou les autres désinfectants.

Acides nitrique et nitreux. — Ces deux agents puissants d'oxydation décomposent les matières organiques à une basse température, aussi bien que le feu, à des températures élevées. On prépare les vapeurs nitriques et nitreuses pour la fumigation en mélangeant 100 grammes de nitre en poudre avec 100 grammes d'acide sulfurique et 50 centimètres cubes d'eau, dans un vase plat que l'on dé-

pose sur des cendres chaudes ; ou mieux encore, sans recourir à la chaleur, en versant 200 grammes d'acide nitrique concentré sur 80 grammes de tournures de cuivre placées dans une bassine assez profonde.

Chaux vive. — La chaux vive désorganise et détruit lentement les matières animales et végétales, en absorbant au fur et à mesure les produits de la décomposition, tels que l'hydrogène sulfuré et l'acide carbonique. Elle joue ainsi à la fois le rôle de désinfectant et d'anti-putride. On l'emploie à l'état de poudre sèche quand la chaux est récemment calcinée, ou à l'état de lait formé par le mélange avec dix fois environ son volume d'eau. C'est un réactif excellent et très pratique pour désinfecter les carcasses d'animaux, les déjections et les tas de fumier, provenant d'animaux qui ont succombé au typhus.

Cendres sodées. — Le carbonate de soude brut renferme généralement de la soude caustique qui agit plus énergiquement encore que la chaux vive. En faisant dissoudre 500 grammes de cendres sodées dans 10 litres d'eau, on obtient un liquide qui n'est pas seulement précieux pour désinfecter, mais qui nettoie complètement, en les débarrassant de toutes impuretés organiques, les mangeoires, les boxes, les ustensiles ayant servi aux animaux atteints par l'épizootie. La chaux vive est au contraire très peu soluble dans l'eau et ne remplit pas le but aussi complètement que l'alcali caustique.

Charbon de bois ou de tourbe. — Le charbon dont la propriété absorbante pour divers gaz a été déterminée par Saussure active la destruction des matières animales, par suite de la circulation continue de l'oxygène atmosphérique condensé dans ses pores. L'oxygène qui agit sur la matière organique en la brûlant y est constamment remplacé, de telle sorte qu'avec une faible quantité relativement de charbon on parvient à décomposer des masses de matières organiques. On a constaté que le charbon condense dans ses pores jusqu'à huit fois son volume d'oxygène. A défaut de charbon de bois ou de tourbe pour détruire les matières organiques ou couvrir les déjections liquides, on peut recourir à la terre sèche.

Permanganates. — Les permanganates alcalins en dissolution sont efficaces en raison de l'acide permanganique qui renferme l'oxy-

gène à l'état actif, mais on ne saurait les recommander aux cultivateurs à cause de leur prix élevé et de la difficulté de se les procurer.

Eau bouillante et vapeur. — Quand on ne recourt pas au feu pour brûler ou incinérer les chairs des animaux morts de contagion, on peut les faire bouillir, ou mieux encore, les soumettre à la cuisson par la vapeur à haute pression ; ce qui permet d'utiliser les graisses.

Application des désinfectants. — Le choix du fermier, ou du nourrisseur, dans l'application des désinfectants, se limite, en pratique, au chlorure de chaux, à la chaux vive, à la terre, et parfois à des fumigations d'acide sulfureux ou de chlorure. Il convient de remarquer que quel que soit le réactif employé, il ne faut pas craindre d'en user trop pour obtenir une désinfection radicale ; en outre, on devra recourir au savon et à la soude avec de l'eau en abondance, et à une ventilation complète, pour assainir les localités infectées, avant d'y introduire de nouveau le bétail.

S'il s'agit d'enfouir des animaux morts de maladie, on devra éviter tout terrain situé près d'une source ou d'un puits, pour y creuser une fosse de $1^{m},50$ de profondeur et y recouvrir la carcasse de $0^{m},15$ de chaux vive, ou mieux encore, de charbon de tourbe. Quand il n'y a pas d'endroit propre à l'enfouissement, on emploie le chlorure de chaux dont on mélange 2 à $2^{kg},5$ avec assez d'eau pour former une pâte que l'on délaye ensuite à l'aide d'un bâton dans un baquet d'une contenance de 3 seaux d'eau. On arrose entièrement la carcasse de ce liquide, que l'on introduit également dans la bouche, les naseaux, le rectum, etc., en obstruant les orifices avec des tampons d'étoupe.

Auprès des villes il peut convenir d'envoyer le cadavre de l'animal aux échaudoirs où on le soumet au traitement à la vapeur dans les appareils qui sont utilisés pour le traitement des graisses ; la viande, après cuisson, pourra servir d'engrais ; les issues et les déchets seront traités par le chlorure de chaux.

Pour la désinfection des étables, des hangars, des abris, des granges, etc., où la contagion se sera déclarée, on devra gratter et laver les parties boisées à l'eau de savon, ou bien, à l'eau de

soude bouillante, puis à l'eau froide. On relèvera le plancher que l'on lavera à l'eau de chaux, puis au chlorure, et l'on démolira le béton à enfouir soigneusement pour le remplacer par une nouvelle couche arrosée de chlorure de chaux. Pour s'assurer que les murs et les fermes boisées de l'étable n'ont conservé aucune trace d'infection, on fumigera à l'aide de l'acide sulfureux, du chlore ou du gaz acide nitreux, en ayant soin de boucher hermétiquement à l'avance les fenêtres, les regards, les ventilateurs et les fissures quelconques, qui laisseraient sortir les vapeurs en empoisonnant le voisinage. Avec 500 grammes de soufre en fleur, répartis en trois ou quatre endroits, pour une étable de 12 vaches, par exemple, on produira l'acide sulfureux voulu. Au bout de 24 heures, toutes les issues devront être de nouveau ouvertes afin d'aérer l'étable, et les murs et charpentes devront être blanchis à la chaux.

Tous les foins ou pailles ayant servi au bétail attaqué seront immédiatement brûlés. Les fumiers ou les engrais devraient pouvoir être également brûlés, mais cette combustion n'est guère facile à cause de l'humidité des pailles et des fumées dangereuses. Aussi conviendra-t-il de les recouvrir aussitôt de chaux (250 kilogr. de chaux vive par tonne de fumier) ; puis on transportera sur les champs le fumier chaulé en ayant soin d'intercaler une couche de terre entre les diverses couches de fumier et de recouvrir les tas, de terre, ou mieux encore de charbon de tourbe ou de chaux vive. Trois ou quatre mois plus tard, le compost ainsi préparé pourra être répandu sans inconvénient.

Enfin, pour désinfecter les pâturages qu'auront parqués les animaux malades, on se bornera à relever les bouses à la fourche et à distribuer de la chaux à raison de 100 hectolitres à l'hectare. L'air et le sol, surtout s'il se met à pleuvoir, assainiront le pré au bout de deux ou trois semaines.

Les cordes et les cuirs ou harnais devront être brûlés ou enfouis ; les pelles, brouettes, fourches, etc., en bois, pourront être lavées au chlorure de chaux ; et les ustensiles en fer seront soumis au feu rouge.

Toutes les mesures ayant été prises pour détruire la souillure laissée par les animaux atteints de contagion, il y en a encore à

prendre pour l'isolement absolu du bétail sur lequel l'infection a sévi. C'est le meilleur de tous les préventifs contre le développement du typhus ou de l'épizootie régnante et le seul auquel Gouvernement et propriétaires ou fermiers doivent tenir la main pour circonscrire et détruire la contagion. Quels que soient les réactifs préconisés, il n'a pas encore été démontré pour aucun, que l'infection ait été détournée d'une étable par suite de leur emploi. Il peut être utile de répandre dans les étables de la sciure de bois imprégnée d'acide phénique, de la poudre de phénol ou autres produits dérivés du goudron; mais l'expérience n'a pas justifié leur vertu préservative vis-à-vis des épizooties qui déciment les animaux dans un district ou dans une région déterminée.

2. — Antiseptiques.

Essais avec l'acide phénique. — Nous avons rendu compte (livre VI) des essais institués par Vœlcker à l'aide de l'acide phénique sur la présure et le lait. Des essais non moins intéressants ont été suivis par lui, à l'aide du même acide, sur la viande fraîche de bœuf. Pour cela, quatre morceaux de viande pesant chacun 113 grammes ont été traités, le premier par 56^{gr},6 d'eau distillée; le second par 56^{gr},6 d'une dissolution aqueuse d'acide phénique renfermant 1 millième d'acide; le troisième par le même poids d'une dissolution titrant 1 centième d'acide phénique, et le quatrième par le même poids d'une dissolution dosant une partie d'acide phénique pour 50 grammes d'eau. Les quatre vases recouverts et placés l'un à côté de l'autre dans une salle dont la température était à 12 dégrés centigrades le 27 décembre 1865, furent examinés de temps en temps, en donnant lieu aux remarques suivantes.

Premier essai. — Le 1er janvier 1866, la viande dans l'eau distillée commença à exhaler une mauvaise odeur; et le lendemain, l'infection était intolérable. Le 3 janvier, des bulles de gaz se dégagèrent en abondance, et l'hydrogène sulfuré fut décelé par le papier de plomb. La température pendant la période du 27 décembre au 3 janvier avait varié entre 12 et 14 degrés centigrades.

Deuxième essai. — Le 3 janvier, la viande immergée dans la dissolution d'acide phénique au millième était en bon état; elle s'y est maintenue jusqu'au 8 janvier, quand la moisissure commença à se développer à la surface du liquide et quelques bulles de gaz s'échappèrent de la viande. La fermentation s'étant déclarée, le liquide offrit une réaction acide prononcée et l'acide lactique se forma, sans donner encore naissance à des gaz odorants. La faible proportion d'acide phénique contenue dans le liquide avait suffi pour retarder de 10 jours la décomposition de la viande. Le 15 janvier, les mucédinées recouvraient complètement la surface et l'odeur des gaz de la putréfaction devint si insupportable qu'on dut le lendemain jeter la viande.

Troisième essai. — Jusqu'au 3 février, la viande conservée dans la dissolution d'acide phénique au centième, n'avait donné aucun signe de décomposition, quoique le liquide eût une réaction légèrement acide et que la couleur de la viande eût changé, mais on ne remarquait ni moisissure, ni bulles de gaz.

Quatrième essai. — Dans la dissolution au cinquantième, la viande était encore absolument intacte le 3 février; son aspect n'avait pas été modifié, et la réaction du liquide était la même.

Du 27 décembre 1865 au 3 février 1866, la température de la salle avait varié entre 12 et 16 degrés centigrades.

Autres essais. — Pour se rendre compte de l'action de l'acide phénique sur la viande en putréfaction, on introduisit une centaine de grammes de viande de bœuf putréfiée dans un vase plein d'eau et on y ajouta de l'acide phénique concentré. L'odeur disparut immédiatement, non pas qu'elle fût masquée par l'acide phénique, mais elle était effectivement détruite; ce dont on pouvait s'assurer aussi bien en tenant le vase ouvert, dans la salle même, qu'en s'approchant du vase.

Un morceau de viande fraîche de 200 grammes, ayant été débité en deux fragments de 100 grammes chacun, on en suspendit un dans un vase de poterie à large goulot bouché, et au bout de 4 jours l'émanation putride était si forte qu'on dut jeter la viande. L'autre fragment fut suspendu de même, dans un vase identique, au fond duquel avait été placée de la viande pourrie, mais en laissant couler sur la

paroi intérieure quelque peu d'acide phénique concentré, de manière à imprégner l'air des vapeurs de l'acide volatil. Au bout d'un mois, on déboucha le flacon, et l'on trouva la viande en parfait état, quoique hors de service en raison de son odeur d'acide phénique.

La viande immergée dans une dissolution concentrée d'acide se resserre et acquiert la dureté du cuir ; il est probable qu'elle pourrait se conserver ainsi pendant un temps indéfini.

La décomposition de l'urine peut être également retardée d'une manière très efficace par l'acide phénique. Un mélange à parties égales d'acide du commerce et d'eau, dont on imbibe de la sciure de bois, qui peut dès lors se manier sans inconvénient, est recommandable pour désinfecter les étables, quand il s'agit d'émanations des urines et des déjections solides. Il suffit de répandre matin et soir pour assainir l'étable, un peu de sciure de bois imprégnée de 20 p. 100 environ d'acide.

3. — De la créosote employée pour conserver les bois.

La créosote de commerce a été lontemps employée avec succès pour imprégner les perches à houblon, les bois de clôtures, etc. ; mais la qualité de la créosote est loin d'être égale suivant les produits de distillation qu'elle renferme, et il arrive fréquemment que les bois préparés, au lieu de résister dix ou douze ans, ne tardent pas à se carier et à pourrir en terre.

La composition de la créosote qui est le produit de la distillation du goudron, recueilli entre 175 et 400 degrés centigrades, est très complexe et éminemment variable. Tandis que beaucoup de créosotes renferment principalement du phénol, d'autres ne sont qu'un mélange de crésylol et de phénol, avec de la naphtaline, des huiles légères et lourdes, parmi lesquelles la pyrène, la crysène, la leucoline, la cryptidine, la pyridine et autres bases organiques en quantités peu appréciables.

On a longtemps attribué aux acides phénique et crésylique les propriétés antiseptiques de la créosote, et plus tard aux huiles de goudron qu'elle renferme. Il semble difficile toutefois d'admettre

qu'un liquide dosant seulement de 3 à 5 p. 100 d'acide phénique brut puisse être efficace pour conserver des bois encore en sève, pendant un certain nombre d'années. Il peut en être autrement pour des traverses en bois dur et bien assaisonné, tel que celui adopté pour les chemins de fer, dont les huiles de goudron assurent la conservation.

Dans l'examen que Vœlcker a fait des créosotes appliquées à la préparation des bois qu'emploie l'agriculture, il considère qu'une teneur de 10 p. 100 d'acides phénique et crésylique est nécessaire, indépendamment de celle 10 p. 100 et au delà, d'huiles lourdes[1]. Des trois analyses de créosotes commerciales qu'il cite, la première se réfère à un produit absolument insuffisant pour neutraliser la sève du bois tendre, car il contient jusqu'à 14.76 p. 100 d'eau ammoniacale et 4.5 p. 100 seulement d'acide phénique. Les deux autres se rapportent à des produits également de qualité inférieure renferment 3 et 4 p. 100 d'acide.

	1.	2.	3.
Poids spécifique de la créosote à 15° centigr. . . .	»	1.102	1.103
Produit de la distillation depuis le point d'ébullition jusqu'à 320° centigr. (pour cent).	39.08	39.08	61.75
Proportion pour cent d'acide phénique brut. . . .	4.5	3	4

Vœlcker recommande en conséquence, comme conditions à exiger du commerce, pour les créosotes destinées à la pénétration des bois :

1° Qu'elles soient exemptes de tout mélange d'huiles ou de substances autres que celles provenant de la distillation de la houille entre 175 et 400 degrés centigrades ;

2° Qu'elles donnent de 65 à 70 p. 100 de produits quand on les distille depuis leur point d'ébullition jusqu'à 320 degrés ;

3° Que le produit de la distillation agité par parties successives avec une dissolution de soude caustique pesant 1,125, ne rende pas moins de 10 p. 100 d'acide phénique et crésylique (acides bruts du goudron) ;

1. *On the quality of creosote suitable for protecting hop poles, wood pfences, etc. — Journ. Roy. Agric. Soc. of England ;* vol. XX, 2[e] série, 1884.

4° Qu'elles renferment entre 20 et 30 p. 100 de produits ne distillant pas à une température supérieure à 320 degrés ;

5° Qu'elles soient fluides à une température de 34 degrés, et restent fluides en abaissant leur température jusqu'à 29 degrés ;

6° Qu'elles aient une densité à la température de 15 degrés, comprise entre 1035 et 1065.

III. — Analyses diverses.

1. — Sols riches en azote.

A l'occasion du mémoire intéresssant que M. W. C. Little a rédigé pour les membres de la Société Royale d'agriculture, sur la rouille du froment[1], Vœlcker déclare qu'il croit à l'influence du sol sur le développement de cette altération si nuisible, et il cite en première ligne, à l'appui de son opinion, l'analyse qu'il a faite d'un sol dans lequel le blé était rouillé depuis plus de six ans (voir n° 1, tableau CCXCII). Ce sol argileux, très compact, repose sur un sous-sol jaune, encore plus tenace, qui apparaît à une profondeur de 10 centimètres.

Exceptionnellement riche en matières organiques azotées, et pourvu de potasse, ce qui explique l'abondance de paille dans les récoltes faites jusqu'alors, le sol n° 1, très pauvre en acide phosphorique, contient assez peu de chaux. Cette composition justifie l'observation fréquemment faite par Vœlcker qu'un excès de nourriture azotée dans le sol dispose le froment à la rouille, car il retarde sa maturité d'une manière remarquable, notamment dans les terres froides et quand les années sont pluvieuses ; et il pousse la végétation lorsque l'été s'annonce chaud, pour l'arrêter lorsque le froid ou l'humidité survient.

Dans les terres légères, naturellement plus chaudes et mieux drainées, le mal causé par un excès d'azote dans le sol n'est pas aussi grand ; toutefois, Vœlcker n'a pas manqué de constater, dans

1. *Report on Wheat-mildew by W. C. Little. — Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XIX, 2e série, 1883.

les sols légers de Woburn, que les parcelles traitées par les sels ammoniacaux ou le nitrate de soude à hautes doses étaient toujours plus éprouvées que les autres par la rouille.

Pour s'assurer si les sols du comté de Cambridge, exploités par M. Little et sujets à la rouille, offrent une composition analogue à celle du sol du comté de Bucks (nº 1), quatre échantillons de ces sols furent adressés à Vœlcker pour être soumis à l'analyse. Ces quatre échantillons portent les nºs 2, 3, 4 et 5 dans le tableau CCXCII.

TABLEAU CCXCII. — Composition de sols à blé sujets à la rouille.

	BUCKINGHAM — Argileux. 1	CAMBRIDGESHIRE moyen. 2	léger. 3	bordant la lande. 4	alluvion. 5
Matière organique et eau combinée[1]	12.97	5.65	6.38	13.50	15.23
Oxyde de fer	6.50	4.53	2.91	5.31	4.03
Alumine	9.03	8.13	5.12	8.52	5.50
Carbonate de chaux	1.07	4.67	2.01	1.80	3.99
Sulfate de chaux	0.51	0.25	0.22	0.69	0.59
Magnésie	0.56	0.50	0.23	0.50	0.26
Potasse	1.07	0.68	0.50	0.81	0.52
Soude	0.18	0.11	0.05	0.01	0 07
Acide phosphorique	0.10	0.18	0.15	0.23	0.25
Silicates insolubles	68.01	75.30	82.43	68.60	69.56
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.45	0.19	0.26	0.58	0.69
— égal à ammoniaque	0.55	0.23	0.32	0.70	0.84

Nº 2; échantillon de sol moyen du district, prélevé sur une pièce de 14 hectares où les récoltes ont très souvent souffert de la rouille, et dont voici l'assolement : en 1879, fèves sur fumier appliqué à l'automne ; en 1880, avoine noire de Tartarie, le froment n'ayant pas levé ; application de fumier après l'avoine ; en 1881, blé *square head Scholey*, semé du 10 au 12 novembre, mal venu et rouillé, ayant rendu 24 hectolitres du poids de 68kg,6 à l'hectare ; en 1882, jachère ; cultivé à la vapeur, puis semé en moutarde que les moutons ont pâturée ; en 1883, blé.

N° 3; échantillon de sol léger (*silt*), prélevé sur une pièce de 4h,5, sujette à la rouille, ayant porté en 1879 des mangolds, après fumure de fumier mélangé de 375 kilogr. de superphosphate à l'hectare; en 1880, de l'avoine; en 1881, du blé blanc velouté de East Kent, semé le 8 novembre, bien venu jusqu'en juillet, mais fortement rouillé et n'ayant rendu à l'hectare que 18 hectolitres pesant 67 kilogr.; en 1882, du trèfle fumé à l'automne; en 1883, du blé.

N° 4; échantillon de sol mélangé bordant la lande (*skirts*), provenant d'une pièce de 7 hectares, ayant porté en 1879 de la navette sur fumure de 250 kilogr. de superphosphate; la navette fut consommée sur place par les moutons et le fumier fut appliqué en hiver; en 1880, de l'avoine, une grosse récolte; en 1881, du blé *Nursery* de Norfolk, semé le 15 octobre, bien venu, légèrement rouillé, qui a donné à l'hectare 32 hectolitres pesant 72 kilogr.; en 1882, du trèfle, et en 1883, du blé.

N° 5; échantillon de sol d'alluvion formé par un ancien cours d'eau (*dilands*), prélevé dans une pièce de 4 hectares, ayant porté en 1879 du blé, en 1880 de la navette consommée par les moutons; en 1881, de l'avoine suivie d'une fumure en fumier pour blé; en 1882, du blé, et en 1883 des fèves ayant reçu 250 kilogr. de kaïnite à l'hectare avant l'ensemencement.

Chacun des échantillons, enlevé par tranches successives jusqu'à 0m,30 de profondeur, fut desséché à 100° centigrades et soumis à l'analyse (voir tableau CCXCII).

Le n° 2 est un sol argileux d'alluvion, coloré en brun foncé, assez tenace, montrant des stries d'oxyde de fer et des couches minces intercalées de sable fin.

Le n° 3 est un sol plus léger, renfermant plus de sable que le n° 2, et de couleur brun foncé.

Le sol n° 4 est formé d'argile d'alluvion noire, assez tenace, avec des rognons d'argile bleue et des stries d'oxyde de fer.

Le sol n° 5, coloré en brun chocolat, est plus léger que le précédent et renferme plus de matière tourbeuse et organique.

L'analyse montre que dans ces sols la proportion d'azote est aussi grande, pour ne pas dire plus grande, que dans les terres arables les plus riches, y compris les terres noires de Russie.

Dans les années chaudes, l'excès de matières azotées, pour des sols tels que les nos 4 et 5, concourt à la production de lourdes récoltes de froment; mais dans les années froides et humides, cet excès empêche que les récoltes n'arrivent à pleine maturité et prédispose aussi bien la paille de la tige que les feuilles et l'épi à l'attaque de la rouille lorsqu'un revirement subit de température se produit, ou que la pluie persiste.

La potasse également, dont les sols du Cambridgeshire sont pourvus, tend à retarder la maturité. Quant à la chaux, elle est présente partout : dans les nos 2 et 5 à l'état de carbonate qui dose de 4 à 4.5 p. 100, et dans les nos 3 et 4 à la teneur de 2 p. 100 environ. Enfin les nos 4 et 5 sont plus riches en acide phosphorique que la plupart des sols fertiles.

Sans connaître le passé agricole des terres soumises à l'analyse, ni leurs caractères physiques, Vœlcker incline à croire que le froment, dans de pareilles terres, surtout si elles sont fortement fumées, est plus sujet à la rouille que dans des terres moins riches en matières azotées, et que parmi les quatre échantillons, le n° 3 est plus exposé à la rouille que le n° 2 ; de même le blé dans le n° 4 sera plutôt attaqué que dans le n° 5.

Sur des sols aussi riches que les nos 4 et 5, le fumier, le nitrate de soude, la suie et le sulfate d'ammoniaque, quand la saison est froide et humide, font plus de mal que de bien. Ces sols peuvent se passer d'engrais. Le seul qui puisse être recommandé est le superphosphate de chaux, à raison de 400 kilogr. à l'hectare, qui, appliqué lors du semis en lignes, développe la maturité et s'oppose aux ravages de la rouille.

2. — Sols en friche d'Exmoor.

Dans le mémoire que M. Samuel Sidney a consacré aux travaux de mise en culture du district d'Exmoor, déboisé et défriché à la suite d'un édit que le Parlement rendit en 1818 [1], il cite les analyses que

1. *Exmoor Reclamation by Samuel Sidney. — Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XIV, 2e série, 1878.

Vœlcker a faites des terres encore en friche, situées à Titchcombe. C'est le reste de ces terres incultes, 160 hectares environ, que M. Frédéric Knight, fils de John Knight, qui avait acquis les 8,500 hectares de la forêt d'Exmoor, se décidait en 1875 à défricher par les appareils de culture à vapeur du système Savage.

La tourbe dans cette partie du district d'Exmoor repose en couche épaisse sur un banc très mince d'argile absolument imperméable, qui recouvre un sous-sol jaune profond, formé des débris de roche schisto-argileuse. Les terres analysées par Vœlcker se caractérisent comme toutes celles du district par l'absence de chaux.

TABLEAU CCXCIII. — Composition des terres d'Exmoor (à 100° C.).

	Sol sec. 1	Sol humide. 2	Banc argileux. 3
Matière organique et eau combinée	14.11	28.50	9.90
Oxyde de fer et alumine.	1.43	0.97	3.38
Chaux.	0.19	0.05	0.08
Acide sulfurique.	0.01	0.03	0.02
— phosphorique	0.29	0.15	0.14
Magnésie et alcalis.	1.49	0.90	0.47
Matière siliceuse insoluble.	82.15	69.50	86.01
	100.00	100.00	100.00

3. — Sols sablonneux de la Campine (Belgique)[1].

Le sol du district sablonneux de la Belgique du Nord qui forme le pays de Waes et la Campine se compose de trois couches superposées : la première à la surface, d'une épaisseur de 0m,15 à 0m,18, qui consiste en sable blanc presque pur ; la seconde, épaisse de 0m,18 à 0m,20, formée de sable noir, et la troisième, d'une épaisseur inconnue, constituée par du sable ocreux.

1. *Report on the agriculture of Belgium, by A. Vœlcker and H. M. Jenkins.* — *Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. VI, 2e série, 1870.

Le tableau CCXCIV reproduit la composition déterminée par Vœlcker de ces trois couches, prélevées dans les environs de Hasselt, chez M. Van Vinkeroy.

TABLEAU CCXCIV. — Composition du sol de la Campine (environs de Hasselt).

	Couche supérieure. 1	Couche intermédiaire. 2	Couche profonde. 3
Matière organique	1,690	2,890	1.771
Oxyde de fer	0,160	0,690	1,010
Alumine	0.040	0,417	0,727
Chaux	0,078	0,059	0,095
Magnésie	0,110	0,180	0.459
Potasse	0.027	0,050	0.088
Soude	0,003	0,015	»
Acide phosphorique	0,012	0,058	0,083
— sulfurique	0,034	0,058	0,092
Silice (sable blanc)	98,010	95,790	95,861
	100,164	100,207	100,186

La couche 1 renferme un peu de matière organique à l'état de radicelles de plantes que l'on distingue à leur forme et à leur couleur foncée. Chauffé dans une capsule de platine, le sol paraît être du sable blanc, nuancé çà et là en jaune par des traces d'oxyde de fer. Si l'on ajoute au sable la matière organique, on trouve 99.70 p. 100, ce qui ne laisse que 3 millièmes pour les autres éléments constitutifs. Un pareil sol est d'une extrême pauvreté et ne saurait profiter en aucune manière du fumier qu'on lui appliquerait, faute d'éléments susceptibles d'absorber et de retenir les principes fertilisants de l'engrais.

La couche 2 intermédiaire doit sa coloration brun noirâtre aux matières organiques à l'état d'acides humique et ulmique. Chauffé dans une capsule de platine, le sol acquiert une couleur rouge vif, qui montre qu'il y a assez d'oxyde de fer, associé probablement aux acides organiques. Il renferme en effet quatre fois plus d'oxyde de fer

et dix fois plus d'alumine que le sol 1, en même temps que de l'acide phosphorique et de la potasse.

Le sol de la couche 3 est de qualité bien supérieure à celle des deux couches qui le surmontent. La teneur de l'oxyde de fer atteint 1 p. 100 et celle de l'alumine trois quarts p. 100 ; la proportion de l'acide phosphorique et de la potasse s'est également accrue. La couleur rouge naturelle de ce sol est due à l'oxyde de fer. Quant à la matière organique, elle renferme à peine d'eau combinée, contrairement à ce qui est observé pour celle de la couche 1.

Ces analyses, par leur comparaison, expliquent et justifient la pratique à l'aide de laquelle la région de Waes et de la Campine a été mise en valeur, qui consiste à ramener la couche 3, mêlée avec la couche 2, à la surface, en enfouissant la couche 1 parfaitement stérile [1].

Comme les trois sols manquent de chaux, il est indiqué qu'un apport de craie ou de chaux, ou mieux encore de marne argileuse doit augmenter considérablement la fertilité des sols de la Campine. Le chaulage est le seul moyen, étant donnés les acides organiques de la couche intermédiaire, pour améliorer radicalement les landes de cette région.

4. — Eaux d'égout des villes.

a. — *Eaux d'égoûts de Tottenham ; épuration par le procédé Lenk.*

Dans les essais de défécation par l'alun (d'après le procédé Lenk), qui furent poursuivis avec succès pendant une semaine, sur les eaux des égouts de la ville de Tottenham, des échantillons de l'eau d'égout naturelle, de la même eau après précipitation et du précipité furent adressés pour être analysés au D[r] Vœlcker [1].

La précipitation avait été effectuée journellement à l'aide de 150 à 175 kilogr. de réactifs par 3000 mètres cubes d'eau, et avait coûté environ 160 fr. pendant 7 jours consécutifs.

---

1. *Report to the Tottenham local board of health on the disposal of the sewage of their district.* London, 1870.

L'eau d'égout (n° 1, tableau CCXCV), soumise à l'analyse, avait une coloration foncée et exhalait une forte odeur. L'eau d'égout épurée (n° 2) était parfaitement limpide, très peu colorée, et absolument inodore ; distillé avec de l'eau de baryte, le n° 1 répandait l'odeur de choux pourris, tandis que le n° 2, traité de la même manière, n'avait aucune odeur.

TABLEAU CCXCV. — Composition de l'eau d'égout de Tottenham, naturelle et purifiée par le procédé Lenk.

	EAU D'ÉGOUT	
	naturelle. 1	purifiée. 2
	Gr.	Gr.
1. *Matières en suspension.*		
Matières organiques	3,2174	0,0110
— minérales	2,0265	0,0319
2. *Matières en dissolution.*		
Matières organiques et sels ammoniacaux [1]	0,6033	0,1382
— minérales	0,6960	0,7658
Total des matières par litre	6,5432	0,9470
1. Contenant ammoniaque	0,1391	0,0603
Composition des matières en dissolution.		
Matière organique et perte par dessiccation	0,6033	0,1382
Oxydes de fer et alumine	0,0018	0,0028
Acide phosphorique	0,0538	»
Chaux	0,2067	0,1669
Magnésie	0,0724	0,0456
Potasse	0,0552	0,0169
Soude	0,0182	0,0156
Chlorure de sodium	0,2062	0,2027
Acide sulfurique	0,0151	0,2767
Silice soluble	0,0100	0,0086
Acide carbonique et perte	0,0566	»
Total par litre	1,2993	0,9040
Azote total par litre	0,2847	0,0598
— égal à ammoniaque	0,3457	0,0727

En comparant les deux analyses, on remarque que dans l'eau épurée, non seulement les matières en suspension, mais une grande partie des matières organiques en dissolution, ont été enlevées par le procédé Lenk.

Tandis que dans l'eau naturelle, l'ammoniaque libre dose 0gr,1391 par litre, correspondant à 0gr,1160 d'azote, lesquels déduits de 0gr,2847 d'azote total, laissent 0gr,1687 d'azote à l'état de matière organique (animale), on ne trouve dans l'épurée que 0gr,010 d'azote à l'état organique.

Le procédé Lenk, indépendamment de la question de savoir s'il est économique, ou s'il est applicable en grand avec bénéfice ou avec perte, permet en conséquence de précipiter à la fois les matières en suspension et la plus grande partie des matières solubles et insolubles, dans l'eau d'égout, qui peut dès lors être rejetée sans danger dans la rivière.

Composition du dépôt obtenu par le procédé Lenk.

Eau	86.18
Matière solide (à 100° centigr.)	13.82
	100.00

Composition de la matière solide séchée à 100°.

Matière organique [1]	42.26
Oxydes de fer et alumine	4.44
Chaux	13.91
Magnésie	2.30
Potasse	0.59
Soude	0.51
Chlorure de sodium	0.09
Acide phosphorique	4.91
— sulfurique	0.33
Matière siliceuse insoluble	24.14
Acide carbonique et perte	6.52
	100.00

1. Contenant azote	1.86
— égal à ammoniaque	2.26

D'après sa composition, en admettant qu'il fût sec, le dépôt obtenu par précipitation pourrait valoir 52 fr. les 1000 kilogr. ; mais pratiquement on n'arriverait pas à obtenir l'état voulu de siccité.

S'il pouvait être réduit pour être mis en poudre, jusqu'à ne plus contenir qu'un quart ou un tiers de son poids d'eau, il ne vaudrait plus comme engrais que 30 ou 37 fr. par tonne[1].

b. — *Engrais des eaux d'égout de Leicester.*

Nous avons déjà consacré aux engrais extraits des eaux d'égout une mention détaillée[2]; nous la complétons par une analyse que Vœlcker a faite de l'engrais en briquettes, obtenu par le procédé Wicksteed, appliqué de 1855 à 1868 aux eaux d'égout de la ville de Leicester. Ce procédé consistait à traiter le sewage par un lait de chaux et à essorer les boues pour les transformer en pâte que l'on moulait en briquettes.

L'opération reposait sur la vente à un prix élevé d'un engrais renfermant moitié de son poids de chaux et un quart seulement de l'azote total contenu dans l'eau d'égout ; ce quart étant à l'état insoluble, devait conduire à un échec commercial inévitable. En présence d'un stock de briquettes que l'on ne pouvait écouler à aucun prix, la compagnie dut abandonner ses installations, représentant une dépense de 700,000 fr., au profit de la municipalité qui continua à épurer les eaux par la chaux, en jetant la matière solide.

Composition des briquettes de Leicester[3].

Eau	11.52
Matière organique *	12.46
Silice insoluble	13.50
Carbonate de chaux	52.99
Oxyde de fer et alumine	2.89
Carbonate de magnésie	3.67
Sulfate de chaux	1.76
Chlorure de sodium	0.45
Potasse	0.27
Phosphate de chaux	0.27
	99.78
* Contenant azote	0.60
— égal à ammoniaque	0.72

1. *Égouts et irrigations,* par A. Ronna. Paris, 1872, p. 150.
2. Livre III, p. 334.
3. *Metropolitan drainage committee.* Juillet 1857.

c. — *Eaux d'égout de Birmingham.*

Sur la demande de la municipalité de Birmingham, Vœlcker fit en 1862 l'analyse des eaux d'égout de la ville et des dépôts boueux que ces eaux abandonnent par le repos[1].

Les eaux des deux collecteurs principaux Hockley Brook et River Rea tenaient alors en suspension $0^{gr},2685$, par litre, de matières dosant 0,005 d'azote. Après qu'elles eurent déposé pendant 24 heures, elles furent mélangées et soumises à l'analyse qui donna les résultats suivants :

Composition de l'eau claire de Birmingham.

Matière organique * et sels ammoniacaux	0,1414
Oxydes de fer et alumine	0,0179
Acide phosphorique	0,0015
Silice soluble	0,0149
Acide sulfurique	0,2316
Chaux	0,1545
Magnésie	0,0514
Potasse	0,0344
Chlorure de potassium	0,0085
— de sodium	0,2187
Acide carbonique	0,0662
Résidu par litre	0,9410
* Contenant azote	0,0355
— égal à ammoniaque	0,0383

Le dépôt de boue retiré de l'un des bassins de la ville, représentant la moyenne du précipité naturel des eaux d'égout, a donné à l'analyse :

Eau	47.47
Matières organiques	17.61
— minérales	34.92
	100.00

1. *Select committee on sewage of towns ; First report,* avril 1862 ; déposition de M. Tell, ingénieur municipal.

et la composition centésimale a été trouvée de :

Eau	47.47
Matières organiques[1]	17.61
Sulfures et oxydes de fer et alumine	0.40
Phosphate de chaux	1.10
Sulfate de chaux	0.22
Carbonate de chaux	0.52
— de magnésie	0.09
Sulfures de cuivre et de zinc	0.94
Chlorure de sodium	0.05
Matière siliceuse (sable)	28.07
	96.47

1. Contenant azote 0.41
— égal à ammoniaque 0.50

En comparant cette analyse à celle de l'eau d'égout décantée, on se convaincra facilement que les plus précieux éléments fertilisants se trouvent à l'état de solution dans l'eau d'égout. Le dépôt, en effet, ne représente que 0gr,268 en moyenne par litre et ne titre que 5 milligrammes d'azote. Aussi les eaux d'égout, après dépôt, conviennent-elles aussi bien à l'irrigation qu'avant d'entrer dans les bassins.

Vœlcker estime que le dépôt pourrait être vendu comme engrais aux fermiers, à raison de 2 fr. 80 à 3 fr. 75 les 1,000 kilogr., mais seulement aux environs de la ville, et qu'il n'y a pas lieu de songer à augmenter sa richesse par l'addition de matières fertilisantes concentrées, pour atteindre une clientèle plus éloignée. Il maintient l'opinion qu'il y a seulement de l'argent à perdre pour les municipalités ou pour les consommateurs, dans la fabrication d'engrais transportables à distance ou concentrés à l'aide du précipité des eaux d'égout qui renferme un tiers de matières minérales à peu près inertes et moitié d'eau.

5. — Égagropile graisseux stomacal.

Vœlcker donne l'analyse d'un égagropile de graisse de 0m,12 de diamètre, formé dans l'estomac d'un jeune veau[1].

1. *Annual report of the consulting chemist for* 1881 ; 1882.

Acides gras (solubles dans l'alcool)	46.60
Graisses neutres (insolubles dans l'alcool)	37.65
Membranes	8.15
Phosphate de chaux	0.90
Carbonate de chaux, magnésie, etc.	1.20
Sels alcalins	1.40
Sable	4.10
	100.00

Cette singulière substance avait causé la mort, dans l'espace de quelques semaines, d'une vache, d'un cheval et de trois moutons appartenant au même fermier.

APPENDICE

Jenkins et Vœlcker.

C'est dans la séance générale de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, tenue à Londres, le 9 décembre 1868, sous la présidence du prince de Galles, que Henri-Michel Jenkins fut choisi, sur une liste de 46 candidats, pour remplacer à la fois le directeur du Journal de la Société, M. Frere, et le secrétaire, M. Hall Dare, qui avait offert sa démission. Depuis le 1er janvier 1869 jusqu'au 24 décembre 1886, date de sa mort, Jenkins n'a pas cessé de remplir avec un zèle incomparable et une intelligence supérieure les doubles fonctions qui lui avaient été assignées.

Formé de bonne heure au style précis, mais varié, que comporte la rédaction de recueils scientifiques tels que le *Quarterly journal of Science*, dont il était le directeur, et le *Journal* de la Société géologique de Londres, dont il était administrateur, bibliothécaire et secrétaire adjoint, Jenkins possédait des connaissances étendues, un jugement sûr et un coup d'œil d'une grande sagacité, en même temps qu'une facilité remarquable d'assimilation ; toutefois, il avait tout à faire pour acquérir l'autorité voulue auprès des agronomes et des praticiens de la grande Société d'agriculture dont la devise est : « Pratique avec science. »

Aussi, le vit-on se lier dès l'origine avec Vœlcker et puiser à pleines mains, dans le trésor de son expérience, les informations scientifiques et les traditions qui lui permettront de prendre une part prépondérante dans les travaux de la Société. Qu'il s'agisse d'améliorer et d'étendre les concours d'animaux, de développer les essais d'instruments pour stimuler les progrès de l'art mécanique, d'agrandir la sphère active de la Société, en instituant des concours

entre les fermes d'une même région, en sollicitant l'étude de l'agriculture étrangère, en encourageant l'éducation technique des cultivateurs, en augmentant les privilèges des membres de la Société pour les analyses chimiques, les déterminations botaniques et zoologiques, et les consultations vétérinaires, Jenkins est l'instigateur de tous les perfectionnements introduits pendant la récente période d'expansion de la Société, qui compte aujourd'hui plus de 9,000 membres et dispose d'un budget annuel de plus de 200,000 francs.

Pour le secrétaire nouvellement élu, le Journal devient l'un des leviers les plus puissants dans l'accomplissement de la mission sociale. Jusqu'alors, à quelques exceptions près, le Journal était rempli d'articles pratiques et de notices sur des exploitations particulières, rédigés par des fermiers et des propriétaires, fondateurs ou désireux du progrès ; puis, les relations entre les cultivateurs et les associations s'étendant, la presse périodique contribuant à la vulgarisation des recherches scientifiques, le Journal entreprenait la publication des mémoires couronnés par la Société elle-même sur des questions jugées dignes de l'intérêt général ; mais le cadre était encore bien trop restreint ! Stimulé par les travaux de MM. Lawes et Gilbert, de Vœlcker succédant à Thomas Way, le courant général scientifique devait trouver place dans le journal, en même temps que l'agriculture étrangère appelait, au point de vue des concurrences et de l'approvisionnement du pays, des communications plus mûrement étudiées. Au début de cette nouvelle période, Jenkins assumait la direction du journal.

C'est également vers cette époque que la Société des agriculteurs de France, présidée par Drouyn de Lhuys, envoyait des délégués aux concours de la Société royale d'agriculture, à Leicester et à Manchester[1], et que se nouaient, sous les auspices de ses présidents, le duc de Richmond et le prince de Galles, secondés par Jenkins et Brandreth Gibbs, des relations dont les fruits ne tardèrent pas à être recueillis du côté de la France. Qui pourrait oublier en effet les démonstrations du comité de secours fondé par lord Vernon, le président de la So-

1. Parmi ces délégués citons, à titre de souvenir, MM. Lecouteux, Hervé Mangon, Barral, Grandeau, Ronna.

ciété royale, pour répartir aux agriculteurs français victimes de la guerre, plus d'un million de francs, produit des souscriptions publiques de nos voisins d'outre Manche? Jenkins, le secrétaire infatigable, l'âme de cette œuvre sympathique, assisté par M. Pitman, accepta personnellement la mission laborieuse de la distribution des semences dans la région du Nord et de Paris, et en rendit compte dans le Journal de la Société [1]. A l'occasion du concours de Kilburn, en 1879, qui revêt pour la première fois un caractère international, le conseil de la Société confie au même lord Vernon et au secrétaire Jenkins, la charge flatteuse de recevoir les délégués et les jurés étrangers au nombre desquels nous nous trouvions, et de les conduire dans les fermes royales de Windsor, à Woburn Abbey et à Rothamsted.

La nécessité de solidariser les intérêts de l'agriculteur britannique avec ceux des autres pays, s'accentue par des travaux de premier ordre sur l'agriculture du continent. Dès 1869, Jenkins, sur l'invitation du conseil de la Société, accepte d'accompagner Vœlcker en Belgique et de retracer les traits qui caractérisent la culture renommée des Flandres. Dans le rapport sur cette visite, qui peut passer pour un modèle du genre, il est difficile de faire la juste part des deux collaborateurs. C'est Jenkins qui note et qui rédige; mais c'est Vœlcker qui voit et donne sur toutes choses : sols, engrais, cultures, bétail, industries et économie rurales, l'opinion compétente [2].

Dès lors, les voyages et les missions de Jenkins à l'étranger se succèdent chaque année, ainsi que les mémoires très instructifs qui les relatent. En 1875, c'est l'agriculture de la Suède et de la Norwège ; en 1876, celle du Danemark et des duchés du Schleswig-Holstein ; en 1877, l'exposition internationale de laiterie tenue à Hambourg ; en 1879 et 1880, la culture herbagère et maraîchère dans le nord-ouest de la France ; en 1881 et 1882, la culture du chanvre, la fabrication du beurre artificiel, l'assainissement des sols tourbeux,

---

1. *The French Peasant farmers' seed fund, by H. M. Jenkins, honorary secretary of the fund : Journ. Roy. Agric. Soc. of England*, vol. VIII, 2e série, 1872.

2. *Report on the agriculture of Belgium : the result of a journey made at the request of the Council by Doctor Augustus Vœlcker and H. M. Jenkins, reporter ; Journal,* vol. VI, 2e série, 1872.

la culture des polders, etc., en Hollande[1]; en 1883, la laiterie dans le Danemark; en 1884, l'ensilage en Angleterre et à l'étranger; enfin, en 1886, la culture du tabac dans le nord-ouest de l'Europe.

Si l'on ajoute à ces mémoires ceux qu'il a écrits dans le même laps de temps sur les fermes herbagères du Cheshire (1870); sur quelques points de l'agriculture écossaise (1871); sur le commerce des animaux eu égard aux épizooties (1873); la culture des pommes de terre frappées de la maladie (1874); le but et la constitution de la Société royale d'agriculture d'Angleterre (1878); la culture du sainfoin et de la luzerne (1882), etc., on se fera encore une idée imparfaite des efforts du secrétaire pour favoriser les progrès de l'agriculture et de l'instruction des membres de la Société, en même temps que pour consolider le succès d'une institution sans pareille, à laquelle il avait su communiquer une vitalité nouvelle.

Nous rappellerons enfin qu'à Jenkins incombaient la révision de tous les mémoires publiés, le soin des assemblées, des concours, des expositions et des conférences annuelles, et le labeur assujettissant d'une correspondance journalière avec plusieurs milliers de membres de l'Association.

Pour l'exposition universelle tenue à Paris, la Société des agriculteurs de France décida qu'elle ouvrirait, en 1878, un congrès auquel les sociétés agricoles étrangères seraient appelées à prendre part, en envoyant des délégués et des mémoires sur l'agriculture de leurs pays respectifs. Le conseil de la Société royale d'agriculture d'Angleterre ne manqua pas de répondre à cet appel et Jenkins fut chargé, en collaboration avec les agronomes et les économistes les plus distingués, de présenter le rapport sur l'agriculture de l'Angleterre[2]. Ce rapport comprenant une série de traités signés Caird, Clifford, Craigie Squarey, Algernon Clarke, Chalmers Morton, Whitehead, Little, Vœlcker et Jenkins, est l'exposé le plus remarquable

1. Ces notices font partie du *Rapport sur l'agriculture de la Hollande et de la Belgique,* que Jenkins rédigea en qualité de commissaire adjoint pour la grande commission d'enquête agricole, présidée, en 1880, par le duc de Richmond et Gordon.

2. *Memoir on the agriculture of England and Wales, prepared under the direction of the council of the Roy. Agric. Soc. of England, edited by Jenkins. Journal, etc.,* vol. XIV, 2e série, 1878.

et le plus fidèle qui ait été écrit sur l'art de l'agriculture, envisagé dans toutes ses branches. A Jenkins revient en première ligne l'honneur d'une œuvre qu'on peut considérer comme magistrale au point de vue de la science économique, de la pratique agricole raisonnée et du progrès social.

Jenkins, non moins que Vœlcker, avait voué à la Société royale, par une noble émulation, toute son énergie et sa puissance de travail. La mort les a fauchés tous deux prématurément, en laissant un vide irréparable pour l'institution dont ils avaient été les vaillants pionniers dans les vingt dernières années. Tous deux se complétaient admirablement par l'entente parfaite des besoins d'une agriculture qui ne saurait plus maintenir désormais son rang sans utiliser les enseignements de la science moderne. Je n'aurais pas cru devoir clore mon travail sur l'un des deux collaborateurs, sans rendre un hommage personnel bien mérité à l'autre, également son meilleur ami.

Il y a quelques mois, à la réception du premier volume des travaux et expériences de Vœlcker, Jenkins m'adressa la lettre suivante :

Londres, 1er octobre 1886,
12, Hanover-Square.

Cher M. Ronna,

En rentrant d'une excursion sur le continent, je trouve deux exemplaires de votre ouvrage sur les recherches de notre regretté ami Vœlcker. J'ai donné les instructions nécessaires pour qu'il vous fût accusé officiellement réception de l'exemplaire offert en hommage à notre Société. Quant à l'autre exemplaire, qui m'est personnellement destiné, je viens de le parcourir avec un immense intérêt. Je vois que vous avez classé les travaux de notre excellent ami suivant les sujets qui l'ont occupé; vous leur avez ainsi donné une valeur bien plus grande qu'ils n'avaient auparavant. Quelle leçon vous nous donnez, à nous autres Anglais !

C'est un dicton chez nous « qu'on peut mener un cheval à l'abreu« voir, mais qu'on ne peut pas le forcer à boire » ; nous avons beau publier une masse d'informations utiles, nous n'arrivons pas à faire lire

nos cultivateurs. Je crois donc qu'aucun auteur anglais n'aurait entrepris la publication d'un ouvrage comme le vôtre sur les recherches de Vœlcker. Recevez toutes mes félicitations pour ce premier volume. Je suis sûr que le grand public agricole l'appréciera comme il le mérite.

Croyez-moi toujours votre bien dévoué

H.-M. JENKINS.

Cette lettre est la dernière que j'aie reçue de Jenkins. Puisse son attente se réaliser ! J'y trouverais la juste récompense du travail que je me suis imposé en voulant enrichir nos connaissances dans la science expérimentale. *Habeant sua fata libelli !*

MÉMOIRES, NOTICES ET RAPPORTS

Du Dr A. VŒLCKER

CITÉS DANS LE PRÉSENT OUVRAGE

---

1. 1846 (*Liebig Ann.* LIX). — Ueber die rothe Färbung der Mangan-Oxydalsalze.
2. — (*Liebig Ann.* LIX). — Ueber die Löslichkeit der Hydrate von Kobaltoxyd in Kalilauge.
3. — (*Liebig Ann.* LIX). — Ueber einige Schwefelmangan-Verbindungen.
4. — (*Liebig Ann.* LIX). — Ueber das Vorkommen von Mannit in den Wurzeln von *Triticum repens*.
5. 1847 (*Liebig Ann.* LXIV). — Untersuchung des Behenöls.
6. — Untersuchung des Schildplatts (*Inaug.* Diss.). In-8°. Göttingen.
7. 1847-1848. — Mülder's Scheikundige Onderzœkingen. 3 Hefte, in-8°. Frankfurt a/M.
8. 1850 (*Edinburgh New Philos. Journal*). — Analysis of the anthracite of the Calton Hill.
9. — (*Ann. and Mag. of Natural History*). — On the watery secretions of the leaves and stems of the ice-plant (*Mesanbryanthemum cristallinum*).
10. — (*Ann. and Mag. of Natural History*). — On the secretion of *Nepenthes distillatoria*.
11. 1851 (*Ann. and Mag. of Natural History*). — On the composition of the ash of *Ameria maritima,* grown in different localities, with remarks on the geographical distribution of that plant, and on the presence of fluorine in plants.
12. — (*Journ. of Agric. and Transactions of the Highland and Agric. Society of Scotland*). — On the effects of burnt clay as a manure.
13. 1852 (*Roy. Agric. Journ.*). — On the causes of the efficacy of burnt clay.
14. 1853 (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of the parsnip and white Belgian carrot.
15. — (*Journ. of Agric. and Trans. of the Highland, etc.*). — On the comparative value of white Scottish and black English oats and on the composition of Rice meal.
16. 1854 (*Roy. Agric. Journ.*). — On the source of nitrogen in plants.
17. — (*Journ. of Agric. and Trans. of the Highland, etc.*). — On the composition of green Rye and Rape.
18. 1855 (*Report of the British Assoc. for the advancement of Science*). — On caseine and a method of determining sulphur and phosphorus in organic compounds.

19. 1855. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the comparative value of different artificial manures for raising a crop of Swedes, with remarks on the composition of the manures.
20. — (*Bath and W. of England Agric. Journ.*). — On the agricultural and commercial value of some artificial manures and on their adulteration.
21. 1856. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of farmyard manure and the changes which it undergoes on keeping under different circumstances.
22. — (*Bath and W. of England Agric. Journ.*). — On the chemistry of food.
23. 1857. Agricultural chemistry. Four lectures on farmyard manure, artificial manures, barren and fertile soils, nutritive value of oil-cakes, etc., by Dr. Augustus Vœlcker. F. C. S. London, in-8°. 1857.
24. — (*Report of the Brit. Assoc., etc.*). — On the proportion of organic phosphorus in legumin.
25. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On farmyard manure, the drainings of dung heaps and the absorbing properties of soils.
26. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On paring and burning.
27. 1858. (*Bath and W. of England Agric. Journ.*). — On the use of lime, marl and shell sand in agriculture.
28. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Experiments upon Swedes with remarks on the manures employed.
29. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of cotton-cake.
30. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On liquid manure.
31. 1859. (*Roy. Agric. Journ.*). — Anbury, and the analysis of diseased turnips.
32. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of a mangold-wurzel kept for two years.
33. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the changes which liquid manure undergoes in contact with different soils of known composition.
34. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of *Sorghum saccharatum.*
35. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Experiments with different top-dressings upon wheat.
36. — (*Report of the British Assoc., etc.*). — Report on field experiments and laboratory researches on the constituents of manures essential to cultivated crops.
37. 1860. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of two varieties of kohlrabi and of cattle-cabbage.
38. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive properties of mangold pulp.
39. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the chemical properties of soils.
40. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the chemical composition and commercial value of phosphatic materials used for agricultural purposes.
41. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and culture of the yellow Lupine.
42. — (*Quarterly Journ. of chemic. Soc.*). — On the composition of Purton saline water.

43\. 1861. (*Report of the British Assoc., etc.*). — Report on field experiments and laboratory researches on the constituents of manures essential to cultivated crops.

44\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of cheese and on practical mistakes in cheese-making.

45\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Experiments on Swedes.

46\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of straw.

47\. 1862. (*Roy. Agric. Journ.*). — Experiments with different top-dressings upon wheat.

48\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Cheese experiments.

49\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the commercial value of artificial manures.

50\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On poisonous cheese.

51\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on milk.

52\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on town sewage.

53\. — First Report from the select committee on sewage of towns. Evidence of Vœlcker.

54\. 1863. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the absorption of phosphate of lime and the application of phosphatic manures to Root-crops.

55\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the scouring lands of central Somerset.

56\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On milk.

57\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of Annatto.

58\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the adulteration of oil-cakes.

59\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the comparative effects of different manures on grass-lands.

60\. — (*Farmers' Magazine*). — A lecture at the royal Institution on the chemical properties and productive powers of soils.

61\. 1864. (*Roy. Agric. Journ.*). — On Peruvian guano and the means of increasing its efficacy as a manure.

62\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report on adulterations, etc.

63\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On salt experiments and mangolds.

64\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the absorption of potash by soils of known composition.

65\. — (*Roy. Agric. Journ.*) — Experiments with salt upon mangolds.

66\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the atmospheric nutrition of plants.

67\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the chemical qualities of water for economical purposes.

68\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1864.

69\. 1865. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of palm-nut-kernel meal and cake.

70\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the functions of soda-salts in agriculture.

71\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the natural deposits of potash in Germany.

72\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on irrigation.

73\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1864.

74\. 1866. (*Roy. Agric. Journ.*). — On disinfectants.

75\. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of orange globe mangolds bulbs and tops.

76. 1866. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the improvement of grass-lands on M. E. Ruck's Manor Farm, at Braydon, Wilts.

77. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments with clover-seeds.

78. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Lecture on the conditions to be observed in carrying out agricultural experiments in the field.

79. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1865.

80. 1867. (*Farmers' Magazine*). — On the best mode and period of applying manure to land. A lecture at the central farmers Club.

81. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the changes which take place in the field and in the stack in hay-making.

82. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments of crude German potash salts and common salt on mangolds.

83. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments on root-crops.

84. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of *Anthyllis vulneraria* as a fodder-plant.

85. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the relative value and manurial properties of purchased food; a lecture.

86. 1868. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the solubility of phosphatic materials, with special reference to the practical efficacy of the various forms in which bones are used in agriculture.

87. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of *Trifolium striatum,* a new kind of clover.

88. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the causes of the benefits of clover as a preparatory crop for wheat.

89. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual Report for 1867.

90. 1869. (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments on clover-seeds and permanent pasture.

91. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the chemistry of silesian sugar-beets.

92. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual chemical report for 1868.

93. 1870. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the agriculture of Belgium, made at the request of the council by A. Vœlcker and H. M. Jenkins, reporter.

94. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Field experiments on mangolds.

95. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On beet-root pulp.

96. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On a peculiar kind of Swedish whey-cheese and on Norwegian goats'-milk cheese.

97. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments on potatoes.

98. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and practical value of several samples of native guano prepared by the A B C sewage process of the Native Guano Company.

99. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual chemical report for 1869.

100. 1871. (*Roy. Agric. Journ.*). — On sugar-beets and beet-root distillation.

101. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the best mode of preparing straw-chaff for feeding purposes.

102. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments on root-crops.

103. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive value of the prickly comfrey (*Symphitum asperrimum*).

104. 1871. (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1870.
105. 1872. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and agricultural value of earth-closet manure.
106. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1871.
107. 1873. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the characters of pure and mixed linseed cakes.
108. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On Australian concentrated mutton-soup as a food for pigs.
109. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1872.
110. 1874. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of waters of land drainage.
111. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Field experiments on permanent pasture.
112. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the composition of thirteen samples of Peruvian guano sent by the Secretary of the Admiralty to the Royal Agricultural Society.
113. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1873.
114. 1875. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and properties of drinking water and water used for general purposes.
115. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the chemical composition of phosphatic minerals used for agricultural purposes.
116. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1874.
117. 1876. (*Sewage disposal*). — Report of the committee. Appendix n° 1. Report on the fertilizing and commercial value of sewage and night-soil manures, by Dr A. Vœlcker.
118. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the theoretical and practical value of purchased food and of its residue as manure
119. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On phosphatic guanos.
120. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1875.
121. 1877. (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition and nutritive properties of Swedes and experiments on the keeping qualities of roots.
122. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1876.
123. — (*Society of Arts*). — Second annual conference on the health and sewage of town. Report by Vœlcker on the agricultural and commercial value of prepared night-soil manures.
124. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
125. 1878. (*Roy. Agric. Journ.*). — On bats' guano.
126. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn on behalf of the Society during 1877.
127. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the influence of chemical discoveries on the progress of english agriculture.
128. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1877.
129. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee
130. 1879. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn on behalf of the Society during 1878.
131. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1878.
132. 1880. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn on behalf of the Society during 1879.

133. 1880. (*Roy. Agric. Journ.*). — On an experiment on the comparative value of linseed-cake and a mixture of decorticated cotton-cake and maize-meal for fattening bullocks.
134. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of cream and skim milk obtained by de Laval's centrifugal cream separator.
135. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the comparative value of soluble and insoluble phosphates.
136. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On a new method of testing milk.
137. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of Ewes' milk.
138. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the composition of Goats' milk.
139. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1879.
140. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
141. 1881. (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments of Swedish turnips with soluble and finely ground phosphatic fertilizers.
142. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn on behalf of the Society during 1880.
143. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On further experiments on the comparative value of linseed-cake, etc., for fatteningbullocks.
144. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1880.
145. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
146. 1882. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn on behalf of the Society during 1881.
147. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On field experiments on swedish turnips with soluble and finely ground phosphatic fertilizers.
148. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On experiments in Warren Field, Woburn, on the manurial value of various phosphatic fertilizers.
149. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report fort 1881.
150. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
151. 1883. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments conducted at Woburn during 1882.
152. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Report of feeding experiments on sheep conducted at Crawley-Mill farm, Woburn, with linseed-cake and barley-meal, linseed-cake and malt, linseed-cake and pea-meal.
153. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1882.
154. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
155. 1884. (*Roy. Agric. Journ.*). — Report on the field and feeding experiments at Woburn conducted on behalf of the Society during 1883.
156. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the chemistry of ensilage.
157. — (*Roy. Agric. Journ.*). — On the quality of creosote suitable for protecting hop-poles, wood fences, etc., against decay.
158. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Annual report for 1883.
159. — (*Roy. Agric. Journ.*). — Quarterly reports of the chemical committee.
160. 1885. (*Roy. Agric. Journ.*). — The late Dr Vœlcker by Prof. J. H. Gilbert.

L'AGRICULTURE AU JAPON [1]

III. — La Culture du sol.

Comme l'agriculture au Japon est, depuis les temps les plus anciens, exclusivement livrée aux mains des classes tout à fait inférieures de la société, et que jusqu'ici aucune mesure n'a été prise pour développer l'instruction de celles-ci, le mode d'exploitation est purement empirique. Les paysans suivent les procédés qu'ils ont appris de leurs pères et qu'employaient déjà leurs aïeux : pas un paysan n'étant, par suite, plus instruit que son voisin, peu importait jusqu'ici que le jeune cultivateur fît ses études là ou ailleurs.

En raison de ces circonstances, les méthodes de culture du sol et les instruments nécessaires sont restés absolument les mêmes sans subir aucun changement, au Japon, depuis un temps immémorial.

Ordinairement, les travaux du champ sont faits par les membres de la famille : si le père se livre à des affaires d'un autre ordre, ce sont les femmes et les enfants qui s'occupent de la culture.

Dans les grandes exploitations (*grandes*, par rapport à l'étendue du Japon), on loue des serviteurs à l'année et, pour les cas pressants, on emploie des journaliers.

Les ouvriers agricoles vivant exclusivement du travail de leurs bras n'existent pour ainsi dire pas, car presque tous les biens japonais consistent en de petites parcelles. Celui qui possède un grand bien l'afferme ordinairement en parcelles de peu d'étendue, qui sont exploitées, comme nous l'avons mentionné plus haut, par des

---

1. Voir *Annales de la Science agronomique,* 1887, t. I, p. 353.

familles. Les travailleurs, employés dans les exploitations plus importantes comme serviteurs, servantes ou journaliers, sont aussi exclusivement des fermiers ou des propriétaires de petites parcelles, à qui la besogne manque dans leurs propres biens, à cause du nombre considérable des membres de leur famille, ou bien encore ce sont des gens qui n'ont pas un revenu suffisant pour nourrir leur famille.

Les ouvriers à gages, qui ne possèdent aucune terre et vivent uniquement de leur travail, vont aux environs des villes : aussi n'est-ce guère que là qu'on en rencontre. Ces hommes sont adroits et peuvent aussi bien être utilisés pour des travaux techniques que pour des travaux agricoles ; mais ils sont paresseux et, de plus, rusés. Ils exécutent leur besogne d'une façon variable, suivant le maître qui les a engagés : si celui-ci ne comprend rien au travail, ils font peu de chose et encore le font-ils tout de travers.

Ces gens ont en général un degré d'instruction relativement assez grand, quoiqu'on ne puisse nier que, justement en matière d'agriculture, ils s'en tiennent encore tout à fait aux anciens errements. Quant à leur capacité de travail, comparée dans l'ensemble à celle des ouvriers allemands, elle lui est inférieure : mais il faut aussi tenir compte de la différence dans la constitution physique des deux races et aussi dans les conditions climatologiques.

Le salaire est très variable suivant la région ; en moyenne, il n'est pas trop bas, étant donné le bon marché des denrées alimentaires.

Un bon ouvrier, résistant au travail, reçoit par jour, outre sa nourriture [1] :

	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.
	Francs.	Francs.	Francs.
Hommes	2,25	0,87	1,25
Femmes	1,625	0,375	1,87

Les domestiques sont nourris ; le gage annuel des hommes varie entre 125 fr. et 212 fr. 50 c. et celui des femmes (servantes) entre 75 fr. et 125 fr. ; de plus, ils sont chaussés et on leur donne chaque année deux costumes de travail légers, une paire de serviettes et quelques objets analogues.

1. Ces chiffres sont empruntés à la statistique du Ministère de l'intérieur (1882).

Un partage du travail réglé d'après des vues d'économie sociale comme dans les pays de culture modernes, fait complètement défaut malheureusement jusqu'ici au Japon ; ce fait exerce une influence grandement préjudiciable non seulement à l'agriculture, mais encore au bien-être général du peuple. On ne peut pourtant pas anéantir d'une fois cette influence, mais seulement l'amoindrir peu à peu.

Les instruments employés au labourage des champs sont très primitifs et très simples : celui qui n'a pas l'habitude de les manier ne peut généralement pas les utiliser. Presque tous les travaux de culture sont accomplis par des hommes ; il y a très peu d'attelages et nulle part on n'emploie la vapeur. Il n'a pas été possible, avec les conditions d'exploitation restreinte du Japon, d'utiliser avec avantage l'aide du travail peu coûteux des forces du bétail et de la vapeur : c'est pourquoi, pour le labour profond et l'ameublissement du terrain, seules la bèche et la pioche entrent en ligne de compte.

La bêche se compose d'un bâton auquel est emmanchée une planche épaisse, recouverte de fer forgé, dont les tranchants sont acérés. Le manche a environ 3 centimètres de diamètre et 50 à 80 centimètres de longueur ; la planche, large de 15 centimètres, varie de 40 à 60 centimètres comme longueur et présente une largeur de 5 à 6 centimètres à la partie supérieure, afin qu'on puisse introduire la bêche dans le sol au moyen du pied. La longueur totale varie donc entre 120 centimètres et 150 centimètres ; naturellement, il y a un grand nombre de modifications de ce modèle.

On emploie la bèche pour creuser profondément et retourner la terre : à cet effet, on enfonce la partie plate de l'instrument dans le sol à une profondeur de 20 à 25 centimètres, de façon à détacher un morceau de terre d'une largeur moitié moindre ; puis, par un mouvement de la bèche, la masse de terre enlevée est replacée sens dessus dessous dans le trou ainsi creusé : en somme, cela se pratique comme en Allemagne.

On emploie aussi beaucoup la houe qui, dans les endroits où l'on ne fait pas usage de charrue, est un instrument de labour essentiel.

La forme de cette houe varie suivant l'usage qu'on veut en faire et aussi suivant les localités. La partie en fer est plus ou moins

épaisse, large ou longue ; les unes sont pointues, d'autres émoussées, et elles diffèrent par la longueur et la disposition du manche.

Cet instrument sert pour presque tous les travaux de culture : pour ameublir le sol jusqu'aux couches profondes, le niveler, taller la terre contre les bords des sillons, détruire les chaumes, tracer les lignes de semailles, enfouir les semences, etc.

Le travail du sol à une certaine profondeur, au moyen de la pioche, ne se fait pourtant que très imparfaitement ; on ne dépasse pas 20 centimètres, tandis qu'avec la bèche on va à plus de 25 centimètres. Cependant, l'usage de la bèche est moins fréquent, parce qu'il exige un effort plus grand du travailleur.

Un autre modèle de houe consiste en une sorte de fourche en fer, munie de deux à cinq pointes qui, selon le nombre et la force de ces pointes, est utilisée dans différents buts, mais spécialement pour le défonçage des sols compacts, pierreux et marécageux.

La charrue qui, de tous les instruments aratoires est cependant le plus puissant, n'est pas employée autant au Japon que la houe, à cause de la faible étendue des parcelles cultivées. Sa construction est fort simple. Elle se compose d'un corps de charrue pourvu d'un versoir de petite dimension ; ce corps de charrue est fait d'ordinaire en un bois très dur, le *Zelkowa keaki sieb,* et c'est à lui qu'est adapté l'âge, au moyen de l'oreille et des mancherons.

L'âge forme avec le corps de la charrue un angle d'environ 20°, et à son extrémité antérieure, se trouve une sorte de palonnier auquel on attache les bêtes de trait au moyen de cordes. Dans la charrue à main, les mancherons sont supprimés et à l'extrémité de l'âge, au lieu d'un palonnier, il y a une poignée en forme de T, dont le laboureur se sert pour tirer derrière lui l'instrument.

Le soc est un simple fer plat, affectant la forme d'une flèche pointue, qu'on introduit au moment du labour, dans la fente ménagée dans le corps de la charrue entre son extrémité et le versoir.

La charrue japonaise n'a ni avant-train, ni régulateur, ni aucun appareil de ce genre, de sorte qu'on est obligé de régler la profondeur du sillon par une pression plus ou moins grande sur les mancherons suivant les besoins. De plus, il n'y a pas de coutre. Cette charrue, étant très légèrement construite en bois, exige une faible

dépense de force de traction ; mais son versoir est si petit, qu'elle retourne le sol très imparfaitement. De plus, elle ne pénètre pas plus profondément qu'une houe bien construite et elle découpe les sillons en forme de peigne. Pourtant c'est encore le meilleur de tous les instruments employés pour travailler et remuer le sol, car elle fournit un travail dix fois plus rapide que les outils à la main, et par suite les frais sont moindres.

Pour préparer à la houe un champ d'un hectare sur une profondeur de 15 centimètres, il faut, suivant la nature du sol, 80 à 100 journées de travail, tandis que le travail à la charrue, pour une même étendue, n'exige que 8 à 12 jours.

La *charrue-buttoir* est construite presque tout à fait comme la charrue : la seule différence consiste en ce que le soc est une capsule en fonte pointue comme un dard, qui est attachée à l'extrémité de l'arbre de la charrue, tandis que dans l'araire ordinaire, une simple plaque est introduite dans la fissure ménagée entre l'arbre et le versoir. On emploie cet instrument pour ameublir les sillons existant entre les plantes pendant la période de végétation et pour butter la terre légère contre les plantes; pour cette dernière partie du travail, on met comme versoir à l'oreille une planche de forme angulaire, qui sert à butter la terre de chaque côté en une moitié de billon.

Pour émietter et niveler la terre, la houe remplace la herse européenne dans la petite culture ; mais dans la grande culture, on se sert d'un instrument traîné par le bétail, qui ressemble à un râteau. La partie essentielle de cet outil consiste en un bloc de bois rectangulaire, d'environ 80 centimètres de longueur et de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, portant une rangée de dents en fer, d'une longueur de 15 centimètres ; sur le devant, se trouvent placées deux larges planches parallèles en forme de croissants, qui portent un cylindre hérissé de pointes placé transversalement. Au-dessus, un mécanisme en forme de potence sert de manche pour tenir l'instrument avec la main. La bête de trait est attelée au bout de la partie antérieure des deux planches au moyen de cordes, et l'instrument est dirigé par un homme qui marche derrière en tenant le manche. Quand il s'agit de champs marécageux, on se sert d'une espèce de râteau très simple avec des dents en bois ou en fer.

Le rouleau n'existe pas au Japon et on y supplée par un instrument analogue à un marteau de tonnelier ou à un batteur de lin, qui est aussi utilisé pour réduire en poussière fine les mottes dures qui forment la couche superficielle des sols compacts.

La préparation du champ une fois exécutée soigneusement avec les instruments primitifs décrits plus haut, on trace des lignes de semailles dont l'espacement varie, suivant la plante à cultiver, entre 40 et 60 centimètres. Puis on répand dans ces lignes l'engrais qu'on appelle engrais de semailles, juste en quantité nécessaire pour suffire aux exigences de la plante pendant la première période de sa croissance. On fait ensuite la semaille de deux façons différentes, selon la nature de la plante en culture : ou bien on répand immédiatement à la main la semence sur l'engrais même et l'on recouvre le tout; ou bien on mélange préalablement l'engrais avec de la terre finement pulvérisée.

La façon d'opérer sur les champs marécageux est la suivante : au printemps, quand la nature commence à s'éveiller sous l'influence d'une température plus élevée, le paysan laboure son champ humide avec soin, émiette le sol et l'inonde. On entoure ensuite le champ d'un levadon pointu et qu'on lisse. Enfin le sol du champ tout entier est travaillé de cette façon, jusqu'à ce que la terre ainsi traitée soit devenue pâteuse. C'est alors qu'on y enfouit l'engrais liquide ou pulvérisé, en le répartissant uniformément sur le champ. A ce moment le champ est prêt : on y plante les jeunes plants de riz, qui ont été élevés auparavant sur couche.

Dans les endroits particulièrement favorisés comme situation, où l'arrivée et le départ de l'eau se font bien, le champ est transformé en marais pendant l'été et en terre sèche en hiver.

Parmi les différentes méthodes usitées pour les semailles, les plus fréquemment employées au Japon sont, pour les céréales, la semaille en ligne, et pour les légumineuses, la semaille au plantoir ; quant à la semaille à la volée, elle n'est employée que pour les couches. La semaille en ligne se fait au Japon sur des lignes très étendues, tandis qu'en Allemagne elle est, au contraire, très limitée.

Ce n'est pas seulement parce qu'en opérant ainsi le cultivateur retire un profit plus grand par suite de l'économie en semences

d'une germination et d'un tallage plus réguliers et d'un développement plus vigoureux de la plante ; mais, avant tout, parce que cette manière d'opérer lui permet une utilisation ininterrompue de son champ, car, avant que la première récolte ne soit venue à maturité, il peut semer d'autres graines dans les sillons, entre les raies. Ainsi est rendue possible la culture sur un même champ de deux et même de trois plantes différentes, en l'espace d'une seule année, et toujours on a assuré l'ameublissement du sol et son maintien en état de propreté, son état d'humidité convenable, et la fumure des plantes pendant leur croissance. Par exemple, dans mon lieu de naissance, dans la province *Awa* (*île Shikoku*), un champ qui vient de porter une récolte d'été, est remanié aussitôt pour une nouvelle culture, et la semaille en ligne pour une récolte d'hiver est faite comme il a été dit plus haut. Au printemps, après que le travail nécessaire aux récoltes d'hiver est terminé, on plante dans les sillons de jeunes plantes tinctoriales (*Polygonum tinctorium*), élevées sur couche. Peu de temps après, la récolte d'hiver étant arrivée à maturité, est récoltée ; on répand alors de l'engrais et on ameublit le sol, pour donner de la force aux jeunes plantes qui, jusqu'à ce moment, paraissent décolorées, par suite du défaut de lumière. Quand ces plantes deviennent robustes, on talle la terre sèche petit à petit contre elles, de telle façon que le billon primitif est transformé en sillon. Ces plantes sont récoltées pour la première fois au commencement de juillet, à l'état vert, et les éteules restent pour la seconde coupe. Quand les bourgeons commencent à monter, on sème tout de suite dans le sol des sillons la fève de Soja (*Soja hispida*). A peine la première feuille de la fève de Soja s'est-elle développée, qu'on récolte le *Polygonum tinctorium* pour la seconde fois et on arrache du champ les éteules. Puis le cultivateur donne tous ses soins à sa culture de fèves. En octobre, les fèves de Soja sont mûres et, la récolte faite, le champ est remué profondément dans toute son étendue, puis ensemencé pour la récolte d'hiver ; il ne reste donc improductif que pendant un temps très court en automne.

Pour obtenir la semence, on récolte les plantes les plus vigoureuses du champ, on les sépare avec soin, on les nettoie et on les conserve pour l'année suivante. Quoique, au Japon, depuis les temps

les plus anciens, on cultive récolte sur récolte sur un même champ, chaque année, l'expérience pratique a conduit cependant à changer l'espèce de semence ; la semence récoltée cette année ne sera pas employée l'année suivante, parce que, si l'on agissait ainsi, le produit de la récolte se trouverait diminué.

Pendant la période de végétation, on ameublit le sol par un binage des lignes de culture. Ce travail est fait pour toutes les espèces cultivées, sans exception, contrairement à la pratique de l'Allemagne, où l'on ne bine que les pommes de terre, les betteraves, le maïs et quelques autres plantes analogues. Cependant, depuis peu, dans la province de Saxe, les cultures sont, en maints endroits, binées régulièrement et à plusieurs reprises.

Au Japon, on ameublit d'abord la terre entre les lignes de plantes avec une houe ou la charrue-buttoir, on enlève les mauvaises herbes et on émiette la terre ; puis on talle doucement cette terre contre les plantes et cette opération étant terminée, on donne un engrais, sous une forme très étendue.

Le binage et l'épandage simultané de l'engrais sont répétés, suivant la nature des plantes, 3 à 7 fois pendant leur période de croissance. Quand la plante est déjà assez avancée pour commencer à donner des bourgeons et des épis, on recommence pour la dernière fois le travail de la terre et l'épandage de l'engrais. En outre, la terre émiettée est buttée contre les plantes au moyen de la charrue-buttoir ou d'une large houe afin d'empêcher la verse.

La récolte mûre est coupée sur la terre au moyen de la faucille et, en général, on la met en javelle pour quelques jours. Dans les champs marécageux où on ne peut pas les mettre en javelle, on suspend les gerbes sur une longue traverse en bois, consolidée des deux côtés par trois perches disposées en forme de pyramide. Quand la paille est assez sèche pour ne pas se moisir par l'entassement, on la met en gerbes et on la porte à la maison.

Pour obtenir le grain des céréales, on sépare tout d'abord de la paille les épis et les panicules et on débarrasse le grain des bâles, soit par le battage, soit par la mouture.

La séparation des épis et du grain se fait au moyen d'un appareil qui rappelle la drège et qui consiste en un peigne d'acier ou de bam-

bou, d'une largeur de 40 centimètres environ, reposant sur un tréteau. On introduit par la tige une poignée pleine de la plante et on la tire à travers les dents du peigne : dans ce passage à travers le peigne, si ce sont des plantes à épis, les épis sont entièrement séparés de la paille, mais si ce sont des plantes paniculées, seuls les les grains sont détachés. Les pointes de cette drège sont trop serrées pour ces dernières plantes et trop espacées pour les plantes à épis ; c'est pourquoi une même drège ne peut pas servir pour ces deux sortes de récoltes. En général, les dents sont d'acier pour les plantes paniculaires et de bambou pour les plantes à épis.

Les épis ou les panicules, une fois séparés de la paille, sont desséchés soit sur des nattes de paille, soit directement sur le sol uni au soleil ; puis, après le dessèchement, battus au fléau.

Pour le riz cependant, le « paddy »[1] desséché est séparé de la bâle au moyen d'une sorte de moulin. Les légumineuses et les plantes à siliques sont d'ordinaire battues au fléau.

Dans quelques contrées isolées, on sépare tout d'abord les cosses de la paille des fèves de Soja, et seules ces cosses sont battues au fléau. Pour briser la cosse, on emploie un bâton rond en bambou, qui est fendu dans la longueur en deux morceaux et dont une extrémité est fortement liée avec des cordes et dont l'autre extrémité est entaillée obliquement vers l'intérieur de chaque côté, de telle façon que cette entaille forme un triangle à angles aigus. On serre alors fortement la paille dure de la fève dans la fissure du bambou, qu'on tient de la main gauche, et en tirant de l'autre main la paille, on sépare ainsi les gousses.

Le nettoyage des céréales se fait, dans les petites exploitations, à l'aide du van ; dans les grandes, on se sert de machines.

Les plantes tuberculeuses sont cultivées par le binage ou à la charrue et récoltées comme en Allemagne.

Le transport par voiture fait complètement défaut dans l'agriculture japonaise. Tous les produits sont portés sur des perches par des hommes ou sur le dos des animaux. Il est très difficile d'introduire jusqu'à présent, dans notre exploitation agricole, le transport par

1. Riz non émondé. (H. G.)

voiture, car les chemins des champs sont si étroits, que deux personnes peuvent à peine y marcher l'une à côté de l'autre. Quant au travail de nos champs avec des instruments primitifs, simples et grossiers, il faut un grande patience, et le cultivateur témoigne cette vertu avec un tel zèle, que l'on ne rencontre que des champs en culture toujours ameublis et sans aucune mauvaise herbe ; en un mot, ces champs sont aussi bien tenus, aussi propres qu'un parterre de jardin.

La culture profonde, qui est devenue le but définitif de l'agriculture européenne, est tout à fait impraticable avec notre outillage agricole et ne préoccupe que très peu ou même pas notre paysan ; car il ne considère son champ que comme le domicile des plantes, il croit pouvoir leur apporter du dehors une alimentation suffisante et, en effet, il la leur apporte. On compte, en général, que le tiers du produit de la récolte doit être rapporté au champ sous forme d'engrais pour obtenir chaque année une récolte égale.

Le paysan japonais n'a naturellement aucune idée sur la façon dont la plante se nourrit ; mais sa pratique lui apprend tout aussi bien que, lorsqu'il donne beaucoup d'engrais aux plantes, elles croissent luxurieusement, mais qu'une dose d'engrais trop forte peut les faire verser ou les rendre malades ; que sans fumure elles croissent misérablement, qu'un travail soigneux du sol donne un tallage et un port robuste à la plante et que, pour cette raison, elles utilisent mieux les engrais mis à leur disposition.

On estime que pour le travail total de culture d'un champ de riz de 50 ares ou d'un champ ordinaire de 25 à 40 ares, un homme vigoureux est nécessaire et qu'un tel ouvrier doit consacrer, pour un champ de riz d'un hectare, 200 à 400 journées de travail et pour un autre champ de la même surface, 300 à 500 jours de travail s'il n'a pas recours aux animaux. S'il emploie une bête de trait, le même champ de riz exige 70 à 120 jours de travail, et l'autre 100 à 200 jours.

Lorsque le pays était complètement fermé à l'étranger, le consommateur dépendait exclusivement du paysan pour son alimentation, ce dernier était parfaitement heureux et content avec une culture intensive sur une toute petite surface du sol. Depuis que le marché

du monde alimente le consommateur et le rend indépendant du producteur indigène, la condition du paysan est devenue tout autre : il doit maintenant organiser son exploitation tout autrement qu'autrefois. Si l'agriculture japonaise veut s'adapter aux circonstances nouvelles, elle doit avant toute chose importer, pour remplacer ses instruments agricoles primitifs, des machines et des outils nouveaux, conformes au but et faciles à manier ; suppléer au travail de l'homme, si péniblement exécuté jusqu'à ce jour par le travail de l'animal, et répartir des forces d'homme superflues et coûteuses pour la colonisation des contrées jusqu'alors inhabitées (*Wildnis*) et inutilisées, afin de les fertiliser et d'accroître la production agricole, en abaissant les prix de revient.

IV. — Engrais.

L'agriculteur, dans les pays modernes de culture, doit diriger son exploitation en appelant à son aide les sciences naturelles, qui ont pris un grand développement, de telle manière qu'il répare non seulement directement par un apport d'engrais les pertes du sol en éléments fertilisants, mais aussi indirectement, par la culture des plantes à racines profondes, la jachère, un labour profond et par une alternance des récoltes, c'est-à-dire qu'il doit chercher son profit de tous côtés. La culture des plantes fourragères sert à l'entretien du bétail, qui livre l'engrais pour le champ.

Au Japon, les agriculteurs, par suite du manque de bétail, se sont vus contraints de restituer les principes nutritifs enlevés au sol par les plantes, principalement sous la forme de déjections humaines.

L'intensité de la culture s'est accrue au fur et à mesure de l'accroissement de la population et, en même temps, le soin à apporter à la fabrication des engrais.

Je dois décrire ici tous nos procédés de fabrication d'engrais, même au péril de blesser le sentiment esthétique, en m'appuyant sur les paroles de Liebig, qui expliquait, dans ses *Lettres sur la Chimie*, que le terme « engrais » ne devait pas être pris dans un sens désagréable.

Les fosses d'aisance sont en général divisées en deux parties : dans l'une on rassemble les excréments solides et dans l'autre les excréments liquides. Au sous-sol de chaque partie se trouve placé un grand tonneau de 80 à 100 centimètres de diamètre, pour recueillir les excréments. Ces tonneaux sont enfoncés profondément dans le sol et cimentés tout autour dans l'espace vide, avec une légère chute d'eau vers le milieu, pour rendre possible un nettoyage convenable au moment du vidage.

Aussitôt qu'un de ces tonneaux de maison est rempli, le contenu en est versé dans un réservoir à engrais plus grand qui, le plus souvent, est placé dans le champ, tout près du chemin.

Ce réservoir consiste tantôt en un grand tonneau de 2 mètres de hauteur et de 2 mètres de diamètre, enfoui en terre jusqu'au bord supérieur, tantôt en une fosse cimentée, dont le bord supérieur s'élève de 1 pied à 1 pied et demi au-dessus du sol.

Près de ce réservoir, s'en trouve un autre aussi grand, dans lequel on réunit avec le plus grand soin les eaux des bains, de cuisine et les eaux des blanchisseries. Ces eaux sont recueillies pour étendre les excréments, en faisant un mélange intime, sans l'addition d'aucune autre matière, environ à volumes égaux. Puis on recouvre la fosse remplie de cette bouillie d'engrais étendu d'une natte de paille à tresses serrées ; bientôt après, les matières denses descendent peu à peu et entrent en fermentation. Entre temps, le tonneau de la maison s'est à nouveau rempli ; on recommence la même opération et on mélange, comme il a été dit, avec le même volume d'eau. On continue ainsi jusqu'à ce que la fosse soit pleine : on laisse alors le mélange, après l'avoir encore agité une dernière fois, reposer, suivant la saison, de 3 à 5 semaines ou même plus. Le nombre de fosses que le cultivateur possède varie suivant son exploitation et les plantes qu'il cultive (en moyenne 2 à 4 par hectare); il emploie l'engrais préparé d'après la méthode décrite, au moment où la masse présente à la surface du liquide une couleur gris-vert et une odeur tout à fait particulière ; mais jamais il ne le répand à l'état frais.

L'urine est recueillie comme les excréments et conservée dans un réservoir particulier, sans aucune addition. Elle est surtout employée

à la fumure des légumes et des plantes à feuillage, car elle agit beaucoup plus rapidement qu'aucun autre engrais. J'ai acquis moi-même la conviction, dans ma pratique d'autrefois au Japon, que l'action de l'urine, dans une saison favorable, est déjà visible au bout de trois jours, tandis que les excréments étendus ne commencent à agir qu'une semaine après l'épandage. D'autre part, l'action de ces derniers se prolonge plus longtemps. D'après cela, on doit employer l'urine quand on tient à obtenir une belle végétation.

Outre les excréments humains, le paysan japonais utilise comme engrais le fumier, le guano de poisson, les tourteaux, les cendres d'os, les déchets de fabrique et certains minéraux.

L'emploi du fumier a toujours été jusqu'ici d'une minime importance, vu le manque de bétail. Mais on le recueille très soigneusement sur les routes pour l'utiliser le plus souvent à l'état de compost, mais quelquefois aussi directement, en l'épandant sur le champ, à l'époque de la semaille, haché comme de la paille grossière.

Les poissons et les autres produits de la mer entrant pour une part énorme dans notre alimentation, les résidus de ces aliments apportent un contingent important à la préparation des engrais. Nous citerons, par exemple, les thons (*Thunus vulgaris*), qui atteignent une longueur de 3 mètres et dont on prend une grande quantité dans toutes les parties de la côte océanienne, pour les manger, et la tête, les intestins, la peau, les os, etc., de ces animaux sont autant d'engrais, dont la culture bénéficie. Ces déchets sont soigneusement recueillis chez les marchands de poissons et dans les restaurants et envoyés à la campagne. Le paysan met ces déchets bruts de poissons dans un grand réservoir à engrais, verse dessus de l'eau de bain chaude, qu'on se procure facilement presque partout chez nous, et remue la masse pour la mélanger intimement. Puis, il puise dans un réservoir placé près du premier une nouvelle quantité d'eau préparée à l'avance, qu'il verse sur la matière ; il remue encore le tout profondément, recouvre le réservoir d'un tapis de paille et laisse la masse au repos, pour que, sous l'influence de la température élevée, les éléments solides entrent rapidement en putréfaction.

Au bout de quelques semaines, la masse est putréfiée, et l'eau qu'elle renferme possède une couleur noir verdâtre et une odeur

piquante insupportable. On emploie ce liquide après l'avoir beaucoup étendu ; puis on reprend par l'eau chaude les parties solides restées non attaquées : cette opération est recommencée jusqu'à ce que les os se détruisent et se dissolvent.

Cette lessive d'engrais de poissons, ainsi préparée et fermentée, à odeur piquante, provoque un très rapide développement des plantes et, pour cette raison, est grandement appréciée par le paysan.

Dans certaines contrées du Japon, notamment dans l'île Yezo, on capture, à certaines époques périodiques, de grandes quantités de poissons, comme le saumon (*Salmo salar L.*) et les *Clupea* (comme par exemple l'*Engraulis encrasicholus L.*). Tous ceux de ces poissons qui ne peuvent être ni consommés sur place, ni salés ou conservés dans l'huile, sont aussitôt employés pour la fabrication de l'huile et les résidus livrés à la culture comme guano de poisson. Cet engrais est le plus répandu et le plus estimé de tous les engrais artificiels au Japon. Il est employé pour toutes les récoltes et répandu en couches qu'on recouvre d'engrais naturels ; même dans la culture de la plante à indigo (*Polygonum tinctorium Louv.*), il est employé seul et non plus comme fumure complémentaire.

Le plus souvent c'est en poudre qu'on utilise ce guano ; après l'avoir concassé finement dans un grand mortier, on le mélange intimement avec un compost aussi finement pulvérisé. Il arrive rarement qu'on le traite par le lessivage, comme les eaux de cuisine.

Les tourteaux sont exclusivement utilisés comme engrais et aussi estimés que le guano de poisson. Ils subissent d'abord une pulvérisation, sont additionnés à des cendres de bois, de l'argile et des bâles, arrosés avec du purin et mélangés intimement jusqu'à ce que la masse soit uniformément humectée, puis disposés en tas et recouverts d'une natte en paille ; on les laisse en place ainsi pendant 2 à 4 jours, suivant la saison. Une chaleur considérable se développe sous cette natte : il se produit une moisissure blanche et une odeur forte caractéristique. On disperse alors le tas et on le refroidit. Cette masse à moitié décomposée sert ordinairement comme engrais de semaille, soit seule, soit mélangée à un compost tamisé finement. — On fume de préférence avec cet engrais le tabac, le cotonnier et la canne à sucre.

Dans plusieurs régions, on enferme des bandes considérables de pigeons en un local organisé dans ce but, afin d'avoir de l'engrais. Cette colombine est pulvérisée et traitée comme le guano de poisson. Les poules sont, ainsi qu'aux temps primitifs, considérées par chaque famille, à la campagne, comme une horloge annonçant l'heure à laquelle, surtout en hiver, le travail du matin doit commencer ; on les a conservées pour les œufs, mais en petit nombre, de sorte que le fumier de poules est très rare et n'existe qu'en trop faible quantité pour être employé seul à augmenter la fertilité du sol. C'est pour cela qu'on le composte d'ordinaire.

Les déchets de l'élevage des vers à soie (excréments des vers, les chrysalides cuites, les vers pourris, etc.), qui a pris un tel développement chez nous, sont aussi une source de matières fertilisantes précieuses pour notre culture. Ces déchets sont, en général, mélangés pour l'usage avec d'autres engrais liquides, dans les réservoirs, et souvent aussi compostés.

Les os des animaux de la ferme, ceux des bêtes sauvages, des poissons, etc., ont aussi été utilisés de tout temps pour la fumure des terres : on les calcine et c'est sous forme de cendres qu'on les emploie surtout dans les cultures de canne à sucre, d'indigo et de tabac; parfois on les pulvérise avec un compost.

A cause du manque de bétail, la paille n'est pas en valeur comme en Allemagne. On s'en sert surtout pour des buts techniques, en partie pour l'incinérer et en partie pour la rendre au sol sous forme de compost. Pour obtenir les cendres, qu'on mélange à l'engrais de semaille pour fumer les sols d'origine volcanique et plutonique, chaque membre de la famille réunit soigneusement les cendres de son fourneau et l'excédent de paille non utilisé dans la ferme est brûlé ; dans les pays de prairies, ce sont les mauvaises herbes ; sur les pentes montagneuses, les feuilles tombées et les arbrisseaux dans les forêts, qui jusqu'ici n'ont pas trouvé d'autre emploi. Pendant l'incinération, on verse perpétuellement de l'eau sur le tas en combustion, l'action de cendres ainsi préparées étant beaucoup plus puissante que celle de cendres obtenues sans addition d'eau. Ce procédé empirique est justifié aussi au point de vue scientifique, car la calcination des graminées doit être faite à une température aussi basse que

possible; c'est d'ailleurs le principe appliqué en chimie analytique : si on chauffe trop les silicates et les phosphates, ils fondent en englobant les principes utiles à la plante et les rendent insolubles.

On applique toujours les cendres en mélange avec d'autres engrais; comme pour les tourteaux, le mélange une fois fait, on délaye le tout avec des excréments humains et on laisse la décomposition de la masse s'opérer.

Un autre engrais, ce sont les cheveux des hommes et les poils des animaux, qu'on réunit avec soin : une partie de cheveux ou de poils et deux parties de cendres, bien homogènes, sont arrosées de purin, de manière à former une espèce de pâte avec laquelle on engraisse surtout les champs dont le sous-sol est très froid, ou bien alors on fume les arbres, tels que l'arbre à laque (*Rhus succedanea*), les différentes espèces de citronniers et quelques arbres fruitiers.

Voici comment se fait la fabrication du compost qui accompagne toujours, dans notre méthode de fumure des terres, les engrais solides. On commence par réunir toutes les matières organiques, sans craindre la peine ni le travail ; ainsi on récolte dans les rues les excréments des bêtes de somme, les déchets des cuisines des villes, les mauvaises herbes des jardins et des champs, etc. Toutes ces matières sont apportées ensemble et entassées en une sorte de petite meule, comme on fait en Allemagne pour les pommes de terre, dans l'ordre régulier suivant : une couche de paille, bâles, fumier d'étable, de poules et de vers, déchets de cuisine, comme la tête et les feuilles du radis, les pelures des patates, de la colocase (*Colocasea*) etc.; par-dessus, le purin et les excréments liquides, puis une couche mince de chaux éteinte ou bien des débris de coquilles ou de limaçons avec des cendres de bois, et enfin une couche de terre. Ces différentes couches se répètent jusqu'à ce que le volume total de la masse ait atteint 2 mètres cubes; on couvre alors ce tas d'une natte tressée en paille pour le protéger contre la pluie et on le laisse ainsi d'ordinaire pendant un an. Les paysans désignent cette masse de compost, noire, poreuse et décomposée, sous le nom de terre d'engrais. Elle est toujours, avant l'emploi, passée à travers un tamis et mélangée à d'autres engrais. Lorsque cette masse de compost renferme beaucoup de graines mûres de mauvaises herbes, on ne l'emploie pas di-

rectement, une fois la décomposition faite, mais elle sert alors pour l'installation d'un autre compost, afin que les semences aient perdu leur faculté germinative, avant d'arriver au champ.

Outre les engrais décrits plus haut, on utilise les récoltes elles-mêmes, notamment les légumineuses. Chez le petit paysan, qui ne possède pas de bête de trait, les mauvais grains de légumineuses, d'orge, de millet et de sarrasin, qui ne peuvent servir à rien d'autre, sont cuites à l'eau et employées comme complément à d'autres engrais; mais cela est un cas bien rare.

Plus souvent, on récolte les différentes sortes d'algues dans les fleuves et dans la mer et on les rapporte à la maison. Quand, par suite de la décomposition produite par la chaleur, ces algues ont acquis une certaine odeur et une couleur particulière, on les porte sur le champ et on les enfouit à la charrue.

La fumure par l'engrais vert est très répandue au Japon. Les principales sources de cet engrais sont les bords des forêts et les pays de prairies, où on va le chercher ; on ne sème aucune plante dans ce but sur le champ même, comme cela se fait pourtant dans tous les autres pays. La chaux est aussi très employée chez nous, en partie comme chaux caustique ou éteinte, en partie à l'état de cendres de coquilles, suivant le prix du produit dans telle ou telle localité. On la répand directement sur le sol, ou avec d'autres engrais, ou bien encore en compost.

Enfin, il faut encore signaler le salpêtre impur, qui cristallise sur l'aire des granges et dans tous les endroits abrités de la pluie, sous la forme d'une masse gris sale, que le cultivateur réunit avec soin et fait entrer dans la composition du compost.

Nos paysans, avec leur méthode de fumure, qui est restée la même depuis plusieurs siècles, ne pouvant rien faire pour l'amélioration du sol dans l'avenir, mais simplement augmenter le produit de la récolte suivante, appliquent directement à leurs récoltes (à l'exception du riz) l'engrais dont nous avons parlé, bien décomposé, facilement accessible aux plantes, sous la forme de poudre ou de liquide en petites quantités ; alors qu'en Allemagne les applications d'engrais se font en grand, sur toute la surface du champ.

Au Japon, on donne à la plante juste la fumure nécessaire à

son développement complet. C'est le caractère de la culture naine, qui n'admet que les soins donnés à chaque plante cultivée, prise individuellement.

Avant la semaille, on fume les sillons dans lesquels la semence sera placée, soit avec l'engrais liquide conservé dans le réservoir, qu'on mélange avec une pareille quantité d'eau, soit avec de l'engrais en poudre. Puis on sème directement sur l'engrais ou seulement après l'avoir recouvert d'une légère couche de terre. Pendant la période de végétation, on surveille le champ chaque jour et aussitôt que les plantes témoignent partout d'un petit changement dans la couleur et dans la croissance, on applique une nouvelle fumure, mais alors très étendue. On recommence de même, de 3 à 6 fois, suivant la nature du sol et la saison, jusqu'à ce que les bourgeons sortent. A ce moment, on fume encore avec un peu d'engrais étendu, qu'on appelle l'engrais de la fin ; il n'y a pas de cultures sans engrais.

Voilà pourquoi, depuis un temps incalculable, c'est toujours la même plante qui a été cultivée sur le même sol, et toujours jusqu'à aujourd'hui, autant que les circonstances l'ont permis, la récolte a été la même.

Notre paysan, ignorant tout autre mode d'exploitation que celui qu'il a appris de ses prédécesseurs, fume pourtant ses récoltes avec la quantité convenable d'engrais, même quand il défriche un champ et qu'il trouve un sol vierge : ce qui fait que jamais il ne cultive sans fumure, tandis qu'en Allemagne il est d'usage de cultiver un pareil champ sans engrais pendant quelques années.

L'originalité de notre mode de fumure tient peut-être à la nature de notre climat. L'emploi prédominant d'engrais liquides, fortement décomposés, au moment de la semaille et durant la végétation, la pratique générale de la fumure avec les cendres de bois et de paille, l'apport plusieurs fois répété de petites doses de principes nutritifs nécessaires à la plante, aussi bien, et de la même façon, sur les sols légers et les sols les plus lourds, tout cela amène à penser que la base de ce système pourrait bien trouver son explication dans le climat du Japon. Malheureusement, il n'a été fait jusqu'ici aucune recherche sur la proportion d'azote combiné que l'atmosphère cède

au sol à l'époque des pluies. Mais, de ce fait que notre température est plus élevée que celle de l'Allemagne, de l'Angleterre ou de la France, où de semblables recherches ont été faites, nous pouvons bien espérer que les phénomènes qui se passent dans l'atmosphère et dans le sol, et qui transforment l'azote en ammoniaque et en acides nitreux et nitrique, produiront au moins un effet égal chez nous à celui qu'ils produisent en Europe. Comme, de plus, il est constaté que la quantité d'azote combiné que le sol emprunte à l'atmosphère augmente presque proportionnellement avec la quantité des pluies, et qu'au Japon la somme des pluies annuelles surpasse infiniment celle de l'Europe, nous pouvons donc admettre que la nature apporte à nos champs une fumure azotée beaucoup plus considérable qu'aux cultures européennes, qui reçoivent à peine de l'atmosphère le tiers de l'azote nécessaire à la production des récoltes. De là, l'explication de ce fait que notre cultivateur, s'il ne peut pas tout à fait exploiter sans fumure azotée, n'a pas besoin d'attribuer à ce principe fertilisant une valeur égale à celle qu'il a en Europe [1].

Le paysan japonais compte pour une récolte quelconque, en engrais humain frais tel qu'il est, en moyenne, par hectare, 120 à 150 quintaux (600 à 700 kilogr.). Si l'on se base sur le chiffre donné par Wolff [2], le poids total de cet engrais représente 84 à 105 livres par hectare [3].

L'apport total en azote fait par le paysan à son champ représente une quantité double de celle calculée, puisqu'il donne une fumure azotée en moyenne deux fois par an. Cet apport en azote n'est donc pas un chiffre minime chez nous, bien qu'il ne soit pas démesurément plus grand qu'en Allemagne.

Le procédé de fumures partielles et fréquentes ne s'explique pas seulement par la grande quantité de pluies qui entraînent relativement vite dans le sous-sol les principes nutritifs dissous et que la plante ne peut absorber qu'en petite proportion, et par conséquent

1. Liebscher, *Japans Wirthschaftsverhältniss*, p. 23.
2. Mentzel und von Lengerek's *landwirthschaftlicher Calender*.
3. 1000 livres (500 kilogr.) = 7 livres (3^{kg},5 d'azote).

amoindrit la richesse de la plante, mais aussi par la pauvreté du paysan, qui ne peut payer en une fois tout l'engrais nécessaire.

N'ayant pas d'argent pour acheter son engrais, il ne recule devant aucune peine, aucun travail, aucune perte de temps pour l'obtenir peu à peu en échange des céréales ou des légumes qu'il produit.

Aussi rencontre-t-on de grand matin sur les routes des centaines de gens de la campagne, portant leurs produits à la ville et en même temps des seaux vides. On voit sur les cours d'eau des centaines de canots, sur lesquels les produits du sol et les tonneaux vides sont empilés très haut, naviguer vers la ville et revenir le soir vers la campagne, rapportant au logis la prospérité pour le champ.

Enfin, il y a encore une dernière raison sur laquelle s'appuie notre façon de préparer les engrais au Japon : si on applique l'engrais en une seule fois et en grande quantité, ce n'est pas seulement mauvais, mais, bien plus, comme j'ai eu bien souvent l'occasion de le remarquer dans ma pratique agricole, cela cause un tel dommage aux plantes que s'il n'intervient pas une forte chute de pluie et que la surface du sol ne soit pas complètement lavée, les plantes périssent. Cela tient sans doute à l'action malfaisante des sels en solution concentrée sur les racines, effet qui a été constaté maintes fois scientifiquement. L'action d'une solution concentrée de sels neutres, comme le phosphate d'ammoniaque, l'azotate de potasse et analogues, s'explique évidemment par ce fait qu'en reprenant de l'eau, ils agissent sur le protoplasma, qui se retire en fléchissant de la paroi cellulaire et se contracte d'autant plus que la concentration des sels est plus forte. Mais cette action malfaisante peut être arrêtée à nouveau, en plongeant rapidement les plantes en expérience dans l'eau[1].

J'ai assez souvent remarqué en Allemagne et aussi près de Halle des faits analogues à ceux que je signalais plus haut. A un certain endroit d'un champ où jadis on avait appliqué une fumure de compost ou des masses d'engrais urbain, le blé apparut tout à fait rabougri; une observation plus attentive fit constater sur la gaine autrefois vert foncé des jeunes pousses de blé, qui avaient environ

1. *Botanische Zeitung*, 1871, p. 46.

10 centimètres de haut, des taches brun foncé. Ces plantes restèrent bien en arrière de celles des autres parties du champ, au moment de la maturation. On ne voyait plus aucune tache aux feuilles supérieures de la tige, mais on en constatait encore la présence sur celles d'en bas, déjà flétries. Je me souvins alors, d'après ma pratique d'autrefois au Japon, que j'avais anéanti entièrement une récolte par de trop fortes doses d'engrais. Après avoir fumé avec du purin de cheval concentré, je vis les plantes se recouvrir d'une moisissure brune, qui prit en quelques jours de telles proportions, qu'elles périrent et qu'il fallut à nouveau labourer et préparer une nouvelle récolte. Ces manifestations de maladie sont bien connues de nos paysans et appelées par eux : la piqûre de l'engrais.

Elles envahissent les récoltes d'été très fréquemment, surtout quand l'été est sec ; elles apparaissent plus rarement, même presque jamais, sur les récoltes d'hiver, parce qu'à basse température, les engrais se décomposent beaucoup plus lentement et sont assimilés par les plantes.

Pour les plantes de marais, l'influence nuisible d'une fumure forte est autre : car les sols marécageux renferment toujours suffisamment d'eau pour étendre l'engrais. D'ailleurs, on ne verse pas l'engrais sur ces plantes comme sur celles des terrains secs, directement sur la plante, mais on le répartit dans une égale proportion sur la surface entière du champ.

Il n'apparaît pas de taches sur les plantes marécageuses : pourtant une trop forte fumure peut amener chez la plante une altération spéciale (*Ins Kraut schiessen*) qui réduit à rien la récolte entière.

La cause de cette maladie semblerait devoir être attribuée à l'augmentation de la faculté d'assimilation de la plante par la haute température de l'eau en été (30° C.).

Les prix des rares engrais marchands varient beaucoup suivant les régions, à cause des plus ou moins grandes difficultés de transport, et je ne peux en donner ici une estimation exacte. Tout ce que je veux mentionner c'est que le prix de l'engrais humain se règle d'après celui de notre aliment fondamental, le riz : le quintal (50 kilog.) de matières fécales vaut dans ces derniers temps, en ville, 50 à 75 cent.

On emploie généralement, pour une période d'automne, 600 kilogr. à 750 kilogr. par hectare, soit une dépense de 60 à 112 fr. 50 c.

C'est au mode de fabrication et d'utilisation des engrais que le paysan consacre chez nous sa sollicitude la plus grande : l'important pour lui est que le taux de la perte en principes nutritifs mis à la disposition de la plante par le sol soit extrêmement faible et que cette perte soit plus que couverte par l'apport du dehors, par les produits de la mer et des fleuves.

En équilibrant toujours les pertes et les gains du capital de son sol, le paysan maintient sa terre dans toute sa force de production et a ainsi, dans les limites du possible, la garantie de la sécurité et de la régularité du produit de ses récoltes. On peut donc dire d'après cela que le système suivi par notre paysan inculte, pour la fabrication et l'application des engrais, est rationnel et ne peut être ratifié qu'à ce titre par l'agriculture scientifique de l'Europe.

V. — Cultures.

Le choix des espèces agricoles à cultiver est réglé principalement dans tous les pays de culture par la nature du climat et du sol. Les excédents de production sont, grâce au mouvement commercial, échangés contre les matières alimentaires dont le pays a besoin. Jusqu'ici, le paysan, à cause de l'isolement absolu du Japon, avait seul la charge de subvenir à l'alimentation du peuple, par l'ensemble des produits de son sol. Il devait donc se laisser guider dans le choix des espèces alimentaires à cultiver non seulement par la nature du climat et du sol, mais aussi, il lui fallait tenir grand compte des besoins particuliers, suivant leurs goûts et leurs habitudes, des consommateurs.

J'ai déjà examiné brièvement dans un autre chapitre le procédé de culture employé en général dans l'agriculture japonaise ; il me reste maintenant à passer en revue toutes les plantes cultivées dans le Japon et à en indiquer la destination pratique.

Comme chacun le sait, ce sont les plantes amylacées qui forment la base de l'alimentation de l'homme : aussi commencerai-je par les

céréales et d'abord par le riz, qui est la plus importante entre toutes.

Le riz (*Orysa sativa L.*). — Parmi les nombreuses céréales, c'est le riz qui, incontestablement, tient la première place dans l'agriculture et dans l'économie domestique. Il est l'aliment principal, d'après des calculs approchés, de la moitié de l'humanité[1]. Au premier rang, l'Asie orientale et méridionale, les Indes, et tout l'Archipel indien, l'Amérique et l'Europe (moins pourtant que ces premiers pays), offrent les conditions essentielles à la réussite d'une culture de riz : une proportion énorme de chaleur et d'humidité. Aussi cette culture occupe-t-elle, en tous cas, dans ces régions, la première place.

On comprend qu'au Japon, avec les garanties qu'offrait la production d'un aliment si apprécié, on se soit appliqué avec plus de soin et de zèle à cette culture qu'à celle d'aucune autre céréale. Il existe de très nombreuses variétés de riz qui, non seulement diffèrent entre elles par la forme de la semence et de la plante, mais aussi ont des exigences différentes au point de vue de la nature du sol et de l'époque de la semaille.

Les variétés de riz cultivées au Japon peuvent être classées de la façon suivante, d'après la nature des endroits où elles croissent :

1. Riz des terrains marécageux (*Oryza sativa L.*).
2. Riz de montagne (*Oryza montana Louv.*).

Ces deux variétés de riz peuvent encore, d'après la qualité du grain, se classer en :

a. Riz ordinaire et *b.* Riz visqueux (*Oryza glutinosa Rumph.*).

Les deux premières formes se distinguent par leur tenue, qui dépend des lieux absolument différents où elles se développent.

Le riz des terrains marécageux a une apparence extérieure molle et visqueuse ; ses feuilles sont plus grêles, plus minces, plus molles et plus visqueuses, ses grains plus pleins et plus savoureux que ceux du riz de montagne. Ce dernier possède une tige ligneuse et plus grosse, des feuilles larges et dures et ressemble à un jonc.

L'aspect différent de ces deux variétés, qui probablement provient

1. Krafft, *Pflanzenbaulehre*, 3. Aufl. Berlin, 1881, p. 52.

de la construction anatomique de leurs organes de végétation, peut s'expliquer ainsi qu'il suit.

C'est un fait affirmé par de nombreuses recherches que les plantes des champs perdent leurs radicelles dans l'eau et qu'inversement les radicelles des plantes des sols marécageux et des plantes d'eau prennent un développement énorme dans un sol sec, afin de s'assimiler mieux les principes nutritifs dissous dans le sol. L'ensemble de leur système cellulaire se développe en grosseur et acquiert la solidité nécessaire. C'est ainsi que l'une et l'autre variété changent d'aspect extérieur suivant le lieu de croissance.

La plante sauvage si fréquente, le *Polygonum amphibium,* offre un exemple frappant de ce phénomène.

De cette espèce *Polygonum amphibium,* on ne décrit au plus que deux variétés dans les flores[1], dont l'une se trouve dans les endroits secs, au milieu des plantes caractéristiques des landes et des sables, et l'autre flotte dans l'eau, sur laquelle nagent ses feuilles. D'après les observations de Schmidt et de Volkens, il ne faut les considérer que comme variétés locales, qui se transforment facilement l'une dans l'autre.

Par analogie avec ce fait, on peut admettre avec raison que le riz de montagne et le riz des marais (*Oryza sativa L.*) sont une seule et même espèce, mais que la forme du riz de montagne a changé, après de longues années de végétation dans un sol différent. Il est certain que le riz des marais prospère aussi sur les sols secs, qu'alors la nature des grains et de la paille se transforme, et qu'il est en tout semblable au riz de montagne ; l'inverse est également vrai. Et même ce dernier préfère, bien qu'il croisse sur le sol sec, un sol recouvert d'une eau stagnante, sur lequel il donne d'ailleurs des récoltes beaucoup meilleures.

La culture du riz de montagne est plus limitée que celle du riz de marais, parce que le grain maigre et insuffisant qu'il fournit ne peut être employé à la fabrication du pain : son principal usage est la préparation d'une boisson spiritueuse, le *Sake*. L'avantage que présente le riz de montagne pour cette préparation tient à ce que sa teneur

1. *Botanisches Centralblatt,* XXX, 1884, p. 198.

en principes azotés est un peu plus élevée que celle du riz de marais : ce qui favorise la végétation des champignons (*Aspergillus Oryzæ* et *Saccharomyces cerevisiæ*) indispensables à la fabrication du *Sake*. Voici, d'après Kellner[1], quelle est la composition des deux espèces de riz (écossés) :

	RIZ des marais.	RIZ de montagne.
	P. 100.	P. 100.
Eau	14.20	12.77

Composition de la substance sèche.

	RIZ des marais.	RIZ de montagne.
	P. 100.	P. 100.
Protéine brute	9.84	11.27
Graisse	2.66	2.57
Cellulose brute	1.45	1.62
Cendres (exemptes de carbone et de CO^2)	1.02	1.29
Amidon	77.86	77.34
Sucre brut et dextrine, glucose et matières extractives non azotées	10.17	5.91

L'analyse des cendres pures a donné, pour 100 parties :

	RIZ des marais.	RIZ de montagne.
	P. 100.	P. 100.
Potasse	22.94	21.73
Soude	4.94	1.59
Chaux	3.24	2.12
Magnésie	10.54	6.61
Sesquioxyde de fer	1.03	1.61
Acide phosphorique	51.37	51.99
— sulfurique	1.85	2.08
Silice	3.14	2.63
Chlore	1.05	4.49

Une différence beaucoup plus frappante existe entre le riz ordinaire et le riz visqueux. Mais ce dernier a été si peu étudié scientifiquement jusqu'ici qu'on ne sait pas si l'on se trouve en présence d'une variété dans l'espèce.

1. Nobbe, *Landw. Versuchsstationen*, Band XX, 1884.

Le riz visqueux doit son nom à cette particularité, qu'après avoir été mis à l'étuvée ou cuit et remué, il se transforme en une sorte de masse visqueuse d'une grande ténacité, comme cela n'arrive pas avec le riz ordinaire. Cette propriété est commune à la farine de froment et attribuée à l'existence d'une matière azotée particulière, la *gliadine,* que ne renferment pas les autres céréales et qui est soluble dans l'alcool chaud.

On pouvait donc, si elle existait dans le riz visqueux, constater sa présence par la dissolution dans ce réactif; mais la recherche entreprise dans ce but ne donna aucune différence sensible pour les deux sortes de riz au point de vue des quantités d'albumine soluble dans l'alcool. Aucune différence non plus avec l'extraction par l'eau froide. Le seul caractère distinctif est l'action d'une solution d'iode sur la farine : tandis que le riz ordinaire donne la réaction bleu foncé de l'amidon, le riz visqueux se colore en brun, coloration que Dafer[1] a attribuée à une certaine modification de l'amidon, peu connue, l'*Erythroamylum.*

Voici la composition chimique des deux sortes de riz[2] :

		RIZ ordinaire.	RIZ visqueux.
		P. 100.	P. 100.
Solubles dans l'eau.	Eau	11.96	10.56
	Sucre et dextrine	1.99	4.06
	Cendres	0.58	1.12
	Matières albuminoïdes	1.76	0.74
Insolubles dans l'eau.	Matières albuminoïdes	5.42	5.62
	Amidon	73.31	70.15
	Cellulose	3.68	3.63
	Graisse	1.07	2.48
	Cendres	0.22	0.38

Il ne ressort de ces analyses aucune différence importante dans la composition chimique ; mais, dans la pratique, un coup d'œil suffit pour les distinguer. La plante que donne le riz visqueux a la couleur du lait, blanc jaunâtre, et quand elle est dépouillée de son enveloppe, le grain apparaît blanc et opaque, alors que le riz ordinaire est jau-

1. Dafer, *Kenntniss der Stärke. Thiels landw. Jahrbücher,* 1876, p. 26.
2. Atkinson, *The chemistry of Sake Brewing Tokio* 1881, p. 2.

nâtre avant l'émondage et apparaît blanc et transparent après. De plus, la paille du riz visqueux est plus fine, plus tenace et plus résistante, si bien qu'on l'emploie de préférence à celle du riz ordinaire pour les usages techniques : cordes à ficeler, sandales, etc. Les barbes des épis du riz visqueux ont une couleur variable : jaune clair, brun, brun rouge, brun noir, couleur de cendres sales, elle varie du violet au noir, tandis que celle des nombreuses variétés de riz ordinaire que je connais, sont toujours d'un jaune clair. Le riz visqueux est employé surtout à la fabrication des différents mets fins farineux cuits au four, les gâteaux et aussi pour faire de la colle.

Bien que le riz soit cultivé dans toutes les parties du Japon, il réussit mieux dans les régions sud que dans les régions nord ; car cette plante marécageuse n'exige pas seulement d'être submergée pendant quelque temps, mais aussi elle a besoin d'une température estivale d'au moins 23° C.

On ne sème pas directement le riz des marais sur le champ, comme les autres plantes, mais on l'élève sur couches et on ne le repique dans le champ que quand il a environ 15 centimètres de hauteur. Suivant le région et suivant la variété, la semaille se fait du 15 avril au 15 mai ; dans les contrées sud, on sème au milieu d'avril et on transplante au commencement ou vers le milieu de juin. Dans la partie médiane du Japon, comme, par exemple, dans la région de *Tokio,* la semaille s'opère 2 ou 3 semaines plus tard, et dans les contrées nord 4 à 5 semaines plus tard. Les couches d'élevage de riz, formées d'une petite surface choisie dans le champ, qui permet la régularisation des eaux, sont déjà vides à l'automne et au printemps travaillées à nouveau profondément et fumées. Pour submerger le sol et lui donner un état aussi pâteux que possible, on l'enferme dans une digue de terre polie de 35 à 80 centimètres de hauteur et de largeur, on le travaille à la houe et on le mélange à la main de façon à comprimer ensemble tous les grumeaux. Puis on laisse la surface de la terre, que ce travail à la main a complètement lissée, se dessécher au soleil jusqu'à ce qu'elle commence à se fendre. On place alors de nouveau le sol sous une couche d'eau de 5 à 8 pouces et on répand la semence. Cette semence a déjà subi auparavant un commencement de germination, exposée dans un sac tout un jour à la chaleur du soleil. Pour

protéger les jeunes semailles, on dispose sur les talus en terre, tout autour de la couche, une barrière faite de bambous et de roseaux tressés et on tend çà et là des réseaux de fil ou de minces cordes en paille. La semence, semée à la volée, s'enfonce dans le sol, où on la laisse germer tranquille pendant une semaine, et on ne se préoccupe que de remplacer tout de suite l'eau qui diminue par l'évaporation et le desséchement ; et voici la méthode suivie pour régler la quantité d'eau : le soir, on laisse une couche d'eau suffisante pour que le plan qu'elle forme au-dessus du sol ait une hauteur de 6 à 8 pouces et empêche l'action de l'air plus frais de la nuit sur la germination ; le matin, au contraire, on laisse partir l'eau de façon à ne plus en laisser qu'une couche de 2 à 3 centimètres, afin de permettre au soleil de produire son œuvre bienfaisante. Les jeunes plants de riz s'efforcent aussitôt d'atteindre la surface de l'eau, tandis que leurs petites racines s'enfoncent à peine dans le sol. Au bout d'une semaine, la plante a 2 ou 3 centimètres de hauteur et on vide l'eau, pour que les racines puissent s'implanter solidement.

Deux jours après, les plantes sont fortement enracinées ; on recouvre à nouveau la couche d'une nappe d'eau de 3 à 5 centimètres et on la laisse en cet état durant 35 à 45 jours : c'est à ce moment qu'on transplante ; le meilleur temps pour cette opération est 45 jours après la semaille.

C'est de la fin d'avril au commencement de mai qu'on prépare le champ à recevoir la semence. Pour enrichir le sol, on répand de la paille de riz, de légumineuses, de colza grossièrement hachée, du compost ou de la chaux éteinte, mais surtout des engrais verts (gazon, mauvaises herbes, broussailles, petits rameaux, etc.), soit au moyen d'un labourage complet du champ, soit seulement dans les sillons. L'épandage se fait aussi directement sur la surface aplanie du sol, où l'engrais est rapidement décomposé par l'eau et par le limon. Pour les engrais liquides ou pulvérisés, l'application suit immédiatement l'aplanissement de la terre.

Le champ s'irrigue au moyen de canaux d'arrivée qui sont embranchés sur les rivières ou les ruisseaux, et de tranchées plus petites, dont une et même plusieurs servent à l'amenée et à la dérivation de l'eau, pour chaque partie du champ.

Dans les contrées pauvres en eau, on recueille celle-ci dans des étangs. De plus, dans quelques endroits on a installé, à proximité des étangs ou près du champ, une sorte de puits artésien qui donne l'eau nécessaire. Pour obtenir une pareille source jaillissante, on perce un trou dans la terre avec un foret en fer d'une épaisseur d'environ 3 pouces, à une profondeur de 30 à 35 mètres et on enfonce dans le trou un tube en bambou, dont les anneaux noueux ont été enlevés, pour empêcher que ce trou ne se bouche : c'est à travers ce bambou que l'eau jaillit des profondeurs. De cette façon, l'eau de source arrive directement sur le champ de riz, ou bien est recueillie dans un étang pour s'y réchauffer et amenée alors au moyen de roues à aubes. Autrefois, cette manœuvre était exécutée par deux personnes qui, placées l'une en face de l'autre sur les deux bords de l'étang, faisaient osciller en mesure un seau suspendu à une solide corde, de façon qu'à chaque mouvement d'abaissement du bras, le seau plongeait dans l'eau et qu'une autre oscillation en hauteur vidait l'eau dans un canal qui la conduisait au champ. Cette méthode antique est encore en usage maintenant en quelques endroits, dans les petites exploitations.

Quand le champ est travaillé, fumé, aplani et irrigué, le moment est venu de transplanter les jeunes plants de riz : on les transplante de la couche sur le champ préparé et recouvert d'une couche d'eau de 5 à 10 centimètres. Ces plants ont atteint, pendant la période de leur développement (en 40 ou 45 jours), une hauteur de 15 à 20 centimètres. On les arrache et on les met en bottes pas trop grosses pour que la petite main des femmes puisse les tenir commodément. Un homme emporte au champ dans une corbeille de bambou, un certain nombre de ces bottes et les jette une à une à droite et à gauche; d'autres hommes et d'autres femmes les ramassent et commencent la plantation.

On plante de 3 à 7 plantes ensemble, suivant la nature du sol, en bottes séparées dans les raies tracées au cordeau et à un intervalle d'environ 23 à 35 centimètres, si bien qu'entre quatre de ces touffes il reste un espace carré libre qui permet le travail pendant la végétation. Sur un are, il croît environ 1,100 à 1,800 de ces touffes.

Aussitôt que le riz est planté, les digues de terre des couches re-

çoivent une autre destination : dans des petites cavités creusées à une distance de 30 à 40 centimètres l'une de l'autre, on sème 3 à 5 fèves de Soja et on recouvre de terre ou de balles de riz. Alors le travail spécial de préparation est terminé. Treize jours environ après, quand le développement du riz a recommencé sur le champ, on ravale à nouveau les mottes de terre déjà enterrées avec de l'eau et du limon et on les comprime ensemble; on détruit les mauvaises herbes qui germent déjà et on garnit les places vides avec de nouvelles lignes de plants.

Ce travail commence d'ordinaire avant qu'on ne laisse l'eau s'évaporer ou s'en aller. Puis, chaque semaine, on remue profondément les intervalles qui séparent les plantes, afin de détruire les mauvaises herbes et de retourner le limon en même temps. Tous ces ouvrages sont faits à la main et répétés 4 à 7 fois, jusqu'au moment où le riz porte des panicules. Il faut encore alors porter son attention sur la régularisation de l'eau. Par une saison sèche, on laisse couler beaucoup d'eau sur le champ, mais bien moins par un temps humide et froid, pour permettre le réchauffement du sol. D'après cela, selon la saison, la hauteur de la couche d'eau varie entre 8 et 15 centimètres. Si maintenant des pluies fréquentes versent sur le champ une grande masse d'eau, on ne laisse pas cette eau monter au-dessus du niveau indiqué, mais, au contraire, on maintient ce niveau constant en dérivant la quantité d'eau nécessaire, afin que les conditions de température restent convenables pendant la végétation jusqu'au jour où les panicules s'inclinent ; alors on laisse écouler toute l'eau.

La floraison du riz, selon la durée plus ou moins longue de la végétation, a lieu du commencement d'août au milieu de septembre; la récolte, à la fin d'août jusqu'aux premiers jours de novembre.

Le produit d'une culture de riz varie, avec la variété et avant tout la nature du sol et le mode de culture, entre 12 et 35 *Koku*[1] par *Chô*[2], soit 21 et 63,3 hectolitres par hectare.

La production totale du riz s'est élevée, d'après une statistique du

1. *Koku* = 182,5 litres.
2. *Chô* = 9917$^{\text{m.car.}}$,35.

ministère de l'intérieur pour 1882 à 30692327 *koku* ou 511538783 hectolitres.

Orge. — L'orge commune (*Hordeum vulgare L.*) joue, après le riz, un rôle important dans la fabrication du pain, surtout dans les parties basses du pays.

Sous-genres cultivés : l'orge à six rangs ou hexastique[1] (*Hord. vulg. hexastichum L.*), l'orge tétrastique (*Hord. vulg. tetrastichum Kcke.*) et l'orge tétrastique gymnosperme (*Hord. vulg. cœleste L.*), mais ce dernier uniquement comme céréale d'hiver, les deux premiers sur une grande étendue dans les provinces du nord et les derniers dans les régions du sud. Le cercle de culture pour ceux-ci est limité au 38e degré de latitude nord.

La semaille de l'orge se fait du commencement d'octobre aux premiers jours de novembre. La floraison a lieu de la fin d'avril au commencement de mai et la moisson de fin mai à fin juin.

Le grain est, dans la plupart des cas, transformé en une espèce de gruau et soumis à la cuisson, soit seul, soit mélangé avec d'autres céréales, comme le riz, le millet; il sert à la nourriture quotidienne, surtout dans les classes inférieures de la société. On emploie aussi l'orge comme aliment pour les chevaux.

Le seigle et l'avoine n'existent nullement dans la culture du Japon.

Froment (*Triticum sativum L.*). — Deux sous-genres cultivés en hiver : le blé barbu à longue paille et le blé court sans barbe.

Le blé n'étant pas employé, comme en Europe, à la fabrication du pain, sa culture a pris un développement beaucoup moindre que celle de l'orge et on s'est peu attaché à la perfectionner et à la soigner.

L'épeautre n'est nulle part cultivé au Japon.

C'est généralement sur les terrains où l'orge n'a pas réussi qu'on sème du blé : par exemple dans les sols compacts ou pierreux et aussi sur les sables très légers des côtes, alors qu'en Allemagne on choisit les meilleurs sols.

La semaille et la récolte ont lieu 14 jours à 3 semaines plus tard que pour l'orge.

1. Orge escourgeon lâche.

Le principal usage qu'on fait du blé est de l'employer, en mélange avec les fèves de Soja, pour la confection de la *sauce de Schoyu ;* avec la farine on fait aussi des nouilles et on s'en sert en cuisine pour différents mets, soit seule, soit avec du sucre. Les couches de gluten, qui restent mélangées le plus souvent dans la mouture avec le son, sont débarrassées du son par un pétrissage dans l'eau salée et sont mangées soit cuites, soit sous forme d'une sorte de pâtisserie sèche ressemblant à des nouilles et dont la consommation est fort en usage sous le nom de *Fu.*

On cultive aussi plusieurs variétés de *millet à grappes* ou *pancratier d'Italie* (*Setaria italica Kunth, Panicum italicum L.*), qui diffèrent non seulement par la couleur des grains, mais aussi en certains points particuliers.

Comme pour le riz, on distingue le millet commun et le millet visqueux. Les grains du premier sont jaunes, ceux du second rouges, jaunes, ou vert-gris et de plus, quand ils sont cuits ou étuvés, ils se prennent en une masse visqueuse si on les remue, ce qui n'arrive pas pour les autres. L'amidon de cette variété donne la même réaction avec l'iode que celui du riz visqueux. Le millet visqueux est employé pour la pâtisserie, soit seul, soit mélangé au riz visqueux ; il est estimé par les gens de la campagne à l'égal du froment et en maints endroits, surtout dans les districts élevés, c'est un aliment fondamental.

Le millet commun à panicules (*Panicum miliaceum L.*) est l'objet d'une culture extrêmement limitée : quand il ne sert pas à l'alimentation de l'homme, on en nourrit les oiseaux, par exemple les oiseaux des Canaries. L'amidon de ce millet donne aussi avec l'iode la réaction de l'érythro-amyle, fait qui paraît n'avoir été remarqué par personne jusqu'à présent.

Oplismène pied-de-coq (*Panicum crusgalli L. — Panicum corvi Thunbg. — Oplismenus crusgalli Kunth.*). — Comme pour le riz, deux variétés : *visqueuse* et *non visqueuse* (marais et montagne). Cette dernière est cultivée aussi bien dans les pays de montagnes que dans les vallées : elle remplace le riz dans le cas où la croissance de cette plante a été dérangée, soit à cause de la mauvaise saison ou pour d'autres raisons, et qu'alors le moment de la transplanta-

tion est passé. — Mêmes emplois, suivant la variété, que pour le millet à grappes.

Éleusine (*Eleusine crocana Gaertn.* — *Cynosurus crocana L.*). — Plante de montagne, beaucoup moins cultivée que le millet.

Sorgho (*Sorghum vulgare Pers.*). — Cultivé partout, mais en petites quantités. On l'élève sur couches et on le transplante sur les bords des champs, avec un intervalle de 30 centimètres entre chaque pied : c'est un produit accessoire du champ. Les panicules dures de cette plante servent à faire des balais comme celles du *pancratier italien*, quand on en a extrait les grains. — Même réaction de l'amidon avec l'iode (*érythro-amyle*). — Époque des semailles : fin avril au commencement de juin. — Époque des récoltes : fin août au commencement d'octobre.

Maïs (*Zea Maïs L.*). — Culture très répandue et même générale, mais toujours en proportions très restreintes. — La culture commence après celle des diverses variétés de sorgho ; la plantation se fait généralement sur les bords du champ, quelquefois aussi au milieu d'un champ de légumes. Le grain des variétés de maïs est le plus souvent petit, et la couleur de la plante varie entre le jaune, le jaune-blanc, le rouge foncé, et le violet. Le maïs à gros grain (maïs dent-de-cheval) a été tout récemment importé d'Amérique.

Emplois du maïs. — Les panicules à l'état de demi-maturité sont cuites à l'étuvée ou rôties sur du charbon de bois pour être mangées ; les grains mûrs sont passés au moulin et utilisés de différentes façons.

Époque de la semaille. — En avril sur couche ; quand les plantes ont atteint une hauteur de 15 centimètres environ, on en transplante 2 ou 3 en laissant un intervalle de 25 à 20 centimètres.

La récolte se fait en juillet ou au commencement d'août.

Sarrasin (*Fagopyrum esculentum* [*Mönch.*]. — *Polygonum fagopyrum L.*). — Culture très répandue, en général sur les sols très légers et de sable sec, ou sur une terre nouvellement défrichée, en été.

La semaille se fait au mois d'août et la récolte à la fin d'octobre. Dans certaines contrées, surtout dans la partie sud, un même sol peut porter avec succès deux récoltes pendant le semestre d'été.

Emplois. — On fait avec les grains une bouillie de gruau ou plus souvent encore des nouilles, mets très apprécié.

La larme-de-Job ou herbe à chapelets (*Coix Lacryma L.*). — Plante monoïque, qui se rapproche aussi près que possible du maïs, et dont la semence dure se distingue par sa forme ellipsoïdale. — Deux variétés : la semence de la première est dure comme un os et recouverte d'une écaille épaisse ; elle croît à l'état sauvage sur le bord des chemins, devant les maisons, etc. La semence de la seconde a au contraire une écorce mince et est cultivée comme récolte d'été dans quelques parties du pays.

Semaille en avril et récolte de juillet à août.

On laisse la surface du champ en chaumes pendant l'hiver et les nouveaux bourgeons, sortis des touffes, produisent une seconde récolte l'année suivante, souvent meilleure que la première. Les semences, dépouillées de la bâle, sont employées comme médicaments ou, cuits avec du riz, servent d'aliments pour les malades.

Quant aux semences sauvages, ce sont les enfants qui les cueillent pour en faire des chaînes ou des couronnes en forme de chapelets. La paille n'est utilisée que comme engrais (cendres ou compost).

Le produit total des céréales les plus importantes s'est élevé, d'après la statistique du Ministère de l'intérieur en 1882 :

NOM DES CÉRÉALES.	SURFACE en hectares.	PRODUIT en hectolitres.	MOYENNE du produit par hectare en hectolitres.
	Hectares.	Hectolitres.	
Riz commun	2337979,2	51274581,65	21.52
Riz visqueux	274618,1	4479008,08	20.27
Riz de montagne	21508,7	259905,55	11.95
Orge	595462,9	10761371,65	17.74
Orge visqueuse	493241,0	8327661,15	16.65
Blé	367769,1	4524189,50	12.13
Millet à grappes	225915,7	3014080,58	13.21
Millet commun	23242,4	323924,73	13.76
Oplismène pied-de-coq et éleusine	103014,8	1778416,50	17.01
Sorgho	9584,6	130178,70	13.39
Sarrasin	146547,9	1223259,18	8.05
		Tonnes.	Tonne.
Maïs [1]	20927,9	15748,76	0.7535

1. Pour le maïs seul, les rendements sont donnés en Centners (= 50 kilogr.) : j'ai jugé qu'il valait mieux faire le calcul en tonnes (tonne = 1000 kilogr.), cette unité étant généralement adoptée en France pour les statistiques de production. H. G.

Légumineuses.

Fève de Soja (*Soja hispida Miq. — Dolichos Soja L.*). — De toutes les légumineuses, la fève de Soja est de beaucoup pour nous la plus importante et la plus répandue : c'est la plante agricole la plus riche en protéine, car elle en renferme environ 4/10 de son poids de légumine riche en azote et 2/10 de graisse.

Emplois. — A cause de cette richesse en matières protéiques, elle sert à la préparation de différents mets, à côté d'autres céréales pauvres en azote. Dans toutes les classes de la société japonaise, sans exception, la fève de Soja fait partie du menu journalier, sous forme de sauce (*Schoyu*), ou d'une sorte de gelée (*Miso*), de fromage blanc (*Tofu*) ou de légume sec (*Yuba*) ; quelquefois aussi on la mange cuite avec du sucre.

Variétés. — Il existe de nombreuses variétés, suivant la forme et la couleur des grains et l'époque de la semaille. La semence peut avoir une coloration jaune pâle, jaune, brun-rouge, verdâtre, mouchetée ou noire ; et la forme être sphérique, ellipsoïdale, oblongue, ou aplatie latéralement.

L'utilisation de ces variétés est aussi différente : par exemple, la variété verdâtre précoce sert à la fabrication du fromage de fèves (*Tofu*), et la variété noire tardive se mange comme hors-d'œuvre cuite avec du sucre.

La semaille se fait, suivant la variété, du commencement de mars à la fin de juin ; la récolte de juin au commencement de novembre ; mais, le plus souvent, la semaille a lieu en juin et la récolte en octobre. On sème au plantoir de 3 à 5 grains, à un intervalle de 30 à 40 centimètres.

La paille est brûlée pour faire de l'engrais, les feuilles sèches sont recueillies avec soin pour être données aux chevaux.

Fève de cheval (*Vicia Faba L.*). — Deux variétés : celle à petite et celle à grande semence, cultivées toutes deux exclusivement en hiver ; semaille en octobre et récolte en mai ou juin.

Employée soit à la confection de la sauce brune (*Schoyu*), soit pour l'alimentation du cheval, et aussi à l'état vert, avec la cosse, comme légume.

Pois (*Pisum sativum L.*). — Trois variétés cultivées en hiver : blanche, verdâtre et brun-rouge. La première se présente à la fois sous une forme sarmenteuse et non sarmenteuse.

Semaille : environ 2 à 3 semaines plus tard que pour la fève de cheval et récolte à la même époque. Mêmes emplois que la fève de cheval.

Haricot (*Phaseolus radiatus L.*). — Culture d'été très répandue : suivant la variété, la semence est blanche, verte, rouge ou noire ; la plante est sarmenteuse ou ne l'est pas, précoce ou tardive.

La période de végétation est celle de la fève de Soja et les soins culturaux aussi.

Le haricot est employé exclusivement pour la cuisine.

Dolique (*Dolichos umbellatus Thunbg.*). — Variétés se distinguant aussi par la couleur et la disposition différente des formes. — Culture d'été. — Se mange comme légume à l'état vert et, mûr, est utilisé comme les autres haricots.

On cultive encore au Japon en petites quantités un certain nombre d'autres espèces de haricots comme légumes : par exemple, le *Canavalia incurva D. C.*, le haricot commun (*Phaseolus vulgaris L.*), le haricot à bouquets (*Phaseolus multiflorus L.*), le *Dolichos cultratus Thunbg.*, etc. L'arachide souterraine (*Arachis hypogea L.*) est cultivée depuis peu dans quelques régions : on l'utilise pour la fabrication de l'huile ou comme aliment, après l'avoir passée sur le gril.

Plantes tuberculeuses et à racines comestibles.

Outre les céréales, on cultive diverses plantes farineuses à tubercules et à racines comestibles, qui passent dans l'alimentation. En voici la description.

Patate ou pomme de terre douce (*Convolvulus batatus L.* — *C. edulis Thunbg.* — *Batatus edulis Choisy*). — Importée de l'île *Riukiu* dans la province *Satzuma* (*île Kiushiu*) il y a environ 300 ans et de là, répartie dans tout le pays.

C'est l'aliment le plus recherché du peuple. Il y en a plusieurs variétés, différentes par la couleur et la forme des tubercules qui sont

tantôt complètement ronds, tantôt de forme arrondie, mais allongée, à robe rouge ou blanche.

Mode de culture. — Les tubercules sont enfouis au printemps, d'ordinaire en mars, dans des sillons profonds de 6 à 8 centimètres et à une distance de 50 à 80 centimètres, sillons creusés dans une couche bien desséchée et bien fumée. Un certain nombre de pousses se développent bientôt, et quand elles ont atteint une longueur supérieure à 2 mètres (fin mai au 15 juillet), on les découpe en morceaux de 12 à 15 centimètres, dont chacun doit porter 2 bourgeons, qu'on plante dans le champ récemment préparé, à un intervalle de 35 à 40 centimètres. Ces lignes de boutures produisent rapidement de longues tiges sarmenteuses qui portent de grandes feuilles en forme de cœur et chaque plante fournit 3 à 5 tubercules de grosseur et de forme différentes.

Comme pour la pomme de terre, c'est sur les sols légers et meubles (sables, sols de tuf, etc.), que la croissance de la patate se fait le mieux. Elle pousse parfaitement aussi sur les sols lourds et ses parties vertes se développent très facilement ; mais les tubercules sont petits et aqueux, et par conséquent le produit de la récolte très mauvais.

Époque de la récolte : de août à octobre, selon la variété. — On mange les patates cuites à l'eau ou rôties à la poêle.

Pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*). — Importée au Japon pour la première fois dans ces dernières années par la Compagnie hollandaise. Cultivée dans toutes les parties du pays, mais sur une moins grande surface que la patate.

Arum d'Égypte (*Colocasia antiquorum Schott.*). — Produit des plus importants et très estimé des paysans à cause de ses tubercules ellipsoïdaux, en forme d'œufs, et pulpeux, et de sa tige succulente.

La culture de l'arum est très répandue : nombreuses variétés différant par la forme des tubercules, des feuilles, et par la coloration de la tige. On plante des petits morceaux de tubercules au printemps et on récolte en automne.

Emplois. — Sert à la préparation de mets variés, alternativement avec la patate. Les jeunes tubercules sont aussi un légume fort

goûté, de même que les tiges dépouillées de leur peau brillante et séchées au soleil.

Conophallus konjak Schott. — (*Arum Dracunculus Thunbg.*). — Cultivé dans les parties montagneuses, ne produit qu'un seul tubercule qu'on utilise pour la confection d'un mets brun gélatineux et visqueux, ou d'une colle. — La multiplication se fait au moyen des bourgeons axillaires, qu'on enlève au couteau de l'intérieur des tubercules.

Les élèves sont transplantés au printemps sur un sol riche en humus et la première récolte n'a lieu que la 3[e] ou la 4[e] année.

Caladium comestible ou tarro (*Leucocasia gigantea Schott.*, *Caladium esculentum Sieb.*). — Plante analogue à l'arum (*Colocasia antiquorum*), sauf que sa tige ne renferme aucune substance toxique d'un goût âcre, comme les autres ; son tubercule est pourtant dur comme du bois et possède une saveur très âcre, insupportable. C'est pourquoi on ne la cultive (et seulement sur un petit rayon) que pour la tige (légume).

Igname (*Dioscorea*). — Deux espèces : *D. japonica Thunbg.* et *D. sativa Thunbg.*

La première peut se subdiviser en 2 variétés : 1° à tubercules ronds, et 2° à tubercules longs.

Ces deux espèces sont d'ailleurs l'objet d'une culture fort restreinte : les tubercules sont mangés comme légumes ou réservés pour les malades soumis à la diète.

Beaucoup plus répandue est la culture du lotus et de la sagittaire, qui tous deux sont élevés dans les marais et même plus souvent dans les étangs et entrent dans la cuisine comme hors-d'œuvre.

Lotus (*Nelumbo nucifera Gaertn.*, *Nelumbo speciosum Wild.*, *Nymphæa nucifera L.*). — 2 variétés, cultivées en partie pour leur magnifique floraison et, d'autre part, pour leurs rhizomes comestibles, de couleur jaunâtre, bossus, de forme cylindrique, atteignant 8 à 12 centimètres de long.

Sagittaire (*Sagittaria chinensis Sims.*). — Cultivée pour le tubercule tout rond, vert-violet, riche en amidon et de la grosseur d'une pomme de terre moyenne, qui se forme à l'extrémité du rhizome et qui est alibile.

Pour la multiplication, on plante, au printemps, les bourgeons axillaires, arrachés des tubercules, à un intervalle de 30 à 40 centimètres ; à l'automne, on dessèche le marais et on déterre les tubercules à la houe.

Plusieurs espèces de lys prennent place dans la culture maraîchère du Japon à cause de leurs oignons au goût doux-amer. Elles croissent aussi à l'état sauvage dans quelques contrées boisées, et sont recueillies en grandes quantités, pour contribuer à l'alimentation, dans un certain nombre de mets. Notons principalement : le *Lilium Thunbergianum Roem. et Schult.* (*L. nodosum Thunbg.*), le *Lilium auratum Lindl.* et le *Lilium cordifolium Thunbg.*

Il nous faut encore mentionner les plantes qui poussent spontanément au Japon et qui sont pour le paysan des montagnes une ressource importante : une papillionacée, la *Pueraria Thunbergiana Benth.* (*Pachyrrizus Thunbergianus S. et Z.*) et la fougère à l'aigle commune (*Pteris aquilina L.*).

La *Pueraria Thunbergiana* croît sur les pentes des montagnes, aux bords des forêts, dans les prés, et se distingue par sa longue tige arborescente et volubile et de grandes feuilles triternées. Sa racine, espèce de gros tubercule savoureux, très riche en amidon, donne une sorte de fécule qu'on conserve pour l'alimentation des enfants, des vieillards et des malades. Avec le liber de la tige sarmenteuse, on fabrique une sorte de tissu, pour suppléer au papier fait avec l'écorce du mûrier ; les jeunes sarments minces et les feuilles sont enfouis en terre ou compostés pour fumer le sol.

Fougère à l'aigle (*Pteris aquilina L.*). — Au printemps, la feuillade, qui n'est pas involutée, est mélangée mi-partie à l'état sec, et mi-partie à l'état vert, pour être mangée comme légume. — En automne, quand les parties aériennes sont mortes, les racines, de la grosseur d'un pouce, qui se ramifient horizontalement, sont déterrées et traitées pour en extraire la fécule de fougère, élément essentiel de l'alimentation dans quelques régions montagneuses.

On brûle de fond en comble à la fin de l'automne les broussailles restées dans les montagnes déboisées, et cela favorise beaucoup le développement de la feuillade au printemps suivant, en même temps que cela facilite la récolte.

Le radis cultivé (*Raphanus sativus L.*) est, parmi les plantes à racines pauvres en fécule, la plus répandue au Japon, sur une grande superficie.

Consommé dans toutes les maisons, à chaque repas, comme hors-d'œuvre salé, avec le riz ou d'autres aliments féculents, il présente des variétés nombreuses, que la forme des racines et l'époque des semailles différencient.

Mode de culture. — Semaille de la fin d'août au 15 septembre ; récolte en décembre. On sème en lignes, sur un champ bien préparé, on bine et on fume à plusieurs reprises pendant la période de croissance. On éclaircit en même temps la plantation, de sorte qu'à la fin de la culture, les plantes se trouvent à environ 20 centimètres de distance l'une de l'autre.

La récolte faite, on dessèche les radis au soleil avec ou sans les feuilles, jusqu'à ce qu'ils ne se cassent plus quand on les étend ; on les met alors dans un grand tonneau avec du sel ; souvent aussi on les mange frais ou secs, sans salure.

Brassica Rapa L. — Sorte de navet : un grand nombre de variétés cultivées, même emploi que le radis ; n'occupe qu'une surface insignifiante.

La bardane (*Lappa major Gartn.*) et la carotte (*Daucus carota L.*). — Cultivées pour leurs racines, comme légumes.

Plantes oléagineuses.

Le colza chinois (*Brassica chinensis L.*). — Plusieurs variétés. — Employé en partie à la fabrication de l'huile et en partie pour l'alimentation.

Si la culture a pour but la production de l'huile, la semaille se fait à la fin de l'automne sur couches et lorsque les jeunes plants ont atteint une hauteur un peu supérieure à 20 centimètres, on transplante dans un champ bien aménagé et on récolte en mai. Cette huile est utilisée à la fois pour la cuisine et pour l'éclairage.

La moutarde (*Sinapis cernua Thunbg.*). — Plusieurs variétés cultivées, mais pour les usages de la maison, très rarement pour la fabrication de l'huile.

Le sésame (*Sesamum indicum L.*). — Trois variétés : à semence blanche, jaune ou noire.

Les variétés blanche et noire sont employées dans l'économie domestique comme épices, et la variété jaune exploitée pour l'huilerie.

Le sésame ayant une période de végétation très courte, on sème arbitrairement d'avril à juillet, et on récolte de juillet à septembre : on fait même deux cultures en été sur le même sol dans les provinces du Sud. L'huile sert pour la cuisine et la préparation des médicaments.

Perilla Ocymoides L. — Cultivée exclusivement pour la fabrication d'une huile destinée à des usages techniques, par exemple pour huiler des parapluies et des lanternes en papier, et des manteaux pour la pluie, etc.

Le ricin (*Ricinus communis L.*). — Comme la plante précédente. Fournit une huile pour les usages techniques.

Le pavot (*Papaver somniferum L.*). — Cultivé presque partout en petites quantités, tant pour l'huile que pour la graine qu'on conserve à la maison.

A cette série de plantes, se rattachent les différentes variétés de sumac, dont la production est considérable au Japon [1].

Le sumac à cire (*Rhus succidanea L.*). — Cet arbre est cultivé, de préférence dans le sud du Japon et les régions moyennes, pour la cire de ses baies ; mais, dans le nord, il réussit si peu que le profit est presque nul. Son cercle de culture semble se limiter environ au 36[e] degré de latitude nord.

On plante ces arbres dans les champs avec un intervalle assez grand pour permettre une culture libre de différentes récoltes : la plantation se fait ordinairement en lignes, avec intervalle de 20 mètres. Dans quelques contrées, un hectare ne porte seulement que 30 arbres.

Pour la multiplication, on emploie les semences ou bien on fait des

1. Je m'occupe ici de la culture des petits arbres, bien que cela puisse paraître étrange au cultivateur européen ; il m'a paru nécessaire de ranger cette culture parmi celles qui appartiennent au domaine de l'agriculture.

boutures sur les racines et tous ces nouveaux élèves sont améliorés, comme cela arrive toujours dans la culture des arbres fruitiers.

Le produit de la récolte de baies est abandonné sans qu'on en retire la cire, pendant au moins trois ans, quelquefois même plus de dix années, parce que la qualité s'améliore avec le temps et que c'est le meilleur moyen pour perdre le moins de cire possible. Aussi le fruit conservé se paye-t-il plus cher que le fruit frais.

Pour extraire la cire, on passe les baies au moulin, puis on les traite par la vapeur et on les presse à chaud. La matière brune ainsi obtenue est alors, suivant le but auquel on la destine, plus ou moins raffinée et blanchie. Cette cire est utilisée surtout dans la fabrication des bougies et les résidus de presse, employés comme engrais.

L'arbre à laque (*Rhus vernicifera D. C.; Rh. juglandifolium Don.*) ne paraît pas réussir dans les régions très chaudes : sa zone de culture s'étend du 33e degré de latitude nord, jusqu'au nord du Japon. La laque que donne sa sève est très appréciée : aussi sa culture a-t-elle pris une grande extension.

La multiplication s'opère, comme pour le précédent, soit par les semences, soit par les boutures.

Les semailles sont faites sur couches, et dans la seconde année, lorsque les plantes ont atteint la taille de 12 à 15 centimètres, on les transplante dans le champ par intervalles d'environ 1^{m},50. Ces jeunes plants reçoivent plusieurs fois une forte fumure et les mauvaises herbes sont arrachées. Trois à cinq ans plus tard, alors que l'arbre a acquis un diamètre de 15 à 20 centimètres, on entaille l'écorce à plusieurs endroits avec un instrument spécial et on recueille la sève qui coule. Cette opération est répétée en été 10 ou 12 fois, de mai à octobre ; puis on coupe environ un mètre de la tige supérieure de l'arbre et ces parties coupées, réunies en bottes, sont plongées à moitié dans l'eau et abandonnées ainsi une semaine. Après ce temps, on les tire de l'eau, on délie la botte et on pratique dans l'écorce de nombreuses entailles, on les place au-dessus d'un réservoir, où la sève commence à couler.

Les troncs restés dans le champ sont abattus au ras du champ et utilisés comme poteaux ou bois de chauffage. On abandonne les

souches sur le champ, en surveillant attentivement les drageons qui en sortent et qui produisent une nouvelle sève 3 ans après.

Le fruit de l'arbre à laque est, comme celui de l'arbre à cire, employé à la fabrication de la cire.

Plantes tinctoriales.

La persicaire tinctoriale (*Polygonum tinctorium Louv.*) est, parmi les plantes tinctoriales du Japon, la plus répandue et la plus avantageuse, parce qu'elle ne reste que peu de temps sur le champ et peut être cultivée dans la période intermédiaire entre la récolte d'hiver et celle d'été.

Mode de culture. — Dans le courant du mois de février, on sème sur une couche préparée avec soin et fortement fumée, qui est protégée de tous côtés par des planches ; puis, on recouvre toute la couche avec des nattes de paille afin de la protéger contre les gros froids de la nuit. Quand la germination est commencée dans les lignes de semailles, la couche est souvent fumée avec du guano de poisson finement pulvérisé et un compost; et chaque jour on éloigne, par un échenillage soigneux, les insectes nuisibles, qui pourraient anéantir toute la végétation de la couche d'élevage.

La transplantation des jeunes plants se fait en mai, quand ils ont atteint une hauteur de 20 à 25 centimètres, sur le champ, dans les sillons existant entre les lignes de la culture d'hiver, à un intervalle de 50 à 60 centimètres et on les laisse là jusqu'à ce que la récolte d'hiver soit coupée. Aussitôt que cette récolte est faite, on ameublit la terre au moyen de la houe dans les espaces compris entre les plantes qui ont un aspect grêle et décoloré, on fume et on répète cette opération jusqu'à l'époque de la maturité. Comme dans quelques régions certains insectes nuisibles s'abattent en grande troupe et dévorent toutes les feuilles en peu de temps au milieu de la journée, tous les jours, de midi à 3 heures, on les chasse au moyen de balais mous, faits de paille de riz et d'un instrument formé d'un tube de bambou et recouvert de papier.

De fin juin à mi-juillet, avant l'épanouissement des boutons des fleurs, les plantes sont coupées sur le champ et emportées de suite à

la maison ; là, après les avoir découpées en morceaux de 4 à 5 centimètres de long, au moyen d'un grand couteau à lame mince, on les étend sur des nattes de paille pour les sécher au soleil. Le produit de cette dessiccation est empilé en tas dans une grange spécialement organisée dans ce but. On humecte la masse peu à peu avec de l'eau et on l'enveloppe entièrement avec des paillassons, pour que, par suite de la fermentation qui se produit alors, les matières colorantes apparaissent avec plus de facilité. Quand, sous l'action de la chaleur developpée, le monceau est entièrement décomposé, on l'étale, on le refroidit et on livre aussitôt cette masse noire et sale au commerce.

Dans ces dernières années, on a introduit une nouvelle méthode, qui dans le pays du Sud, comme l'Inde, est d'un usage général pour les plantes à indigo (*Indigoferæ*) : elle consiste à plonger dans l'eau les plantes moissonnées à l'état vert, afin d'en retirer les matières colorantes.

Mais ce procédé n'est encore que peu usité, car on ne connaît pas dans les teintureries japonaises la façon d'utiliser les matières colorantes pures. La durée de culture sur le champ de la persicaire tinctoriale est en moyenne de 50 à 70 jours ; la période de temps intermédiaire entre les cultures d'hiver et celles d'été y suffit donc.

Le *carthame tinctorial* (*Carthamus tinctorius L.*). — Culture répandue sur une grande superficie. — On sème d'octobre à fin novembre et on récolte de mai à juin : on cueille à la main les fleurs avant leur épanouissement ; on les broye aussitôt dans un mortier, on les lave à l'eau froide, et on les laisse se moisir dans une chambre, à l'abri de l'air et de la lumière. Quelques jours après, quand elles sont recouvertes d'une moisissure blanche, on les sort de la chambre et on les dessèche dans un courant d'air sec. On emploie cette matière pour teindre en rouge la soie et le fard. On fabrique aussi de l'huile avec les semences.

Le *grémil officinal* (*Lithospermum officinale L.*). — Cultivé dans certaines régions pour ses racines, qui servent à teindre les soies en violet et pour la pratique médicale.

La *garance* (*Rubia cordifolia L.*). — La racine fournit une matière colorante rouge pour les tissus.

On récolte aussi la garance sauvage dans le même but, bien qu'elle soit de qualité inférieure.

Plantes textiles.

Les plantes qui fournissent le coton (*Gossypium*) existent en grande quantité dans les pays tropicaux sous forme d'arbustes ou de végétaux herbacés. Elles sont caractérisées par leurs semences grosses comme des haricots, recouvertes de filaments de cheveux et qui reposent dans 3 à 5 capsules valvées de la grosseur d'une noix, desquelles elles sortent à l'époque de la maturité, avec leur houppe de coton.

La plante à coton cultivée au Japon (*Gossypium indicum Lam.* — *G. herbaceum L.*) a une tige herbacée, haute de 50 à 80 centimètres, pourvue de 3 à 5 feuilles rondes, lobées et mucronées, jaune rougeâtre et produit de la laine blanche.

Cette plante, d'après un ouvrage japonais, *Honzo-Kòmokukeimo,* aurait été apportée au Japon, sous le règne de l'empereur *Kuvanmu-Tenno,* dans le courant de mois de juillet, 18 *Enreki* (798 après J.-C.) par un habitant de *Conron*[1], dont la barque avait été poussée par les vagues sur les côtes de la province *Mikawa* (île Hondo).

L'année suivante, elle fut cultivée expérimentalement dans toutes les provinces de l'île *Shikoku* et prit une très grande extension. Mais elle fut abandonnée peu d'années après.

Puis, dans la première ère de la dynastie « S s O », en Chine (environ 900 ans après le Christ), cette plante fut de nouveau rapportée dans la Chine méridionale par un barbare du Sud (*Südbarbaren*), répandue dans ce pays et introduite au Japon pour la seconde fois à la fin du XIVe siècle, dans le courant de l'année *Bunroku,* et depuis lors cultivée dans ce pays.

L'arbre à coton ne prospère pas au delà du 37e degré de latitude nord, par suite, il est cultivé principalement dans les régions sud et la partie moyenne du Japon. La semaille se fait en lignes comme pour les autres récoltes : on subordonne les soins qu'on donne à la façon dont les plantes croissent et on éclaircit les lignes, de façon à

1. *Conron* semble indiquer une partie de l'Inde.

laisser entre chaque pied un espace de 30 centimètres. La récolte commence à mi-août et dure jusqu'en octobre, parce que les sporanges n'arrivent pas toutes en même temps à la maturité.

Pour abréger la durée de la moisson, quand les premières fleurs sont fanées, on enlève les mucrones extérieurs des plantes : puis on recueille par un épluchage, 8 à 10 fois la laine qui sort et on coupe les mucrones encore verts pour les laisser mûrir ensuite au soleil.

La *ramie* ou *ortie textile* (*Bœhmeria nivea Bl.*) est une plante vivace de 1 mètre à 1 mètre et demi de hauteur, une sorte d'ortie indigène, cultivée au Japon depuis les temps les plus reculés, à cause de ses propriétés textiles. Ses fibres, très fines et tenaces, sont employées à la confection d'un tissu appelé « drap d'ortie » et à la fabrication du fil et de la ficelle. Culture très répandue, surtout dans les contrées de la région moyenne. Semée en mars dans un champ bien préparé, elle est l'objet des mêmes soins que les autres récoltes pendant sa période de développement, surveillée attentivement et débarrassée des mauvaises herbes. C'est dans la troisième année que commence la récolte, qui se fait alors pendant longtemps trois fois par an, à partir de cette époque, pour une seule plante. — On coupe d'abord au commencement de juillet au ras du sol, puis en août et enfin, pour la troisième fois, en octobre. — La seconde coupe livre la meilleure qualité.

En hiver, le marais reçoit une fumure de compost ou de fumier d'étable, et on le recouvre ensuite de feuilles ou de paille pour le protéger contre le froid.

Le *chanvre* (*Cannabis sativus L.*) est cultivé sur une grande étendue, comme récolte d'été. Semaille en mai et récolte de septembre à octobre, ainsi qu'en Allemagne.

Employé pour la fabrication des tissus, des cordes, fils, ficelles, etc. ; les semences, pour faire de l'huile et comme épices.

L'*althée hybride* (*Abutilon avicennæ Gärtnr.*). — Plante herbacée annuelle, à fibres textiles, d'une hauteur de 1 à 2 mètres, originaire de l'Asie centrale et de l'Europe méridionale. Cultivée au Japon sur les côtes de la mer, dans les sols sableux. On sème sur les chaumes de la récolte d'hiver en juin et on récolte en octobre. Employée aussi pour la fabrication des cordes et du fil.

Le mûrier à papier (*Broussonetia papyrifera L.*) est un arbre originaire des îles de l'Océan Pacifique, dont les fibres des drageons bis- ou trisannuels donnent un papier très solide. La reproduction se fait soit par greffe sur la racine, soit au moyen de la semence. Quand les jeunes arbres élevés sur couches ont atteint une hauteur de 30 à 40 centimètres, on les transplante sur le champ en laissant un intervalle entre chacun d'environ 1 mètre ; le plus souvent, c'est aux bords des champs que se fait la plantation, surtout dans les pays boisés où les sols sont disposés en terrasses ; et toujours à un intervalle de 1 mètre à 1 mètre et demi. La première récolte a lieu la troisième année après cette transplantation : à partir de là, on récolte tous les deux ans. Les drageons gros comme la pousse et hauts de 1 mètre à 1 mètre et demi, sont coupés à la fin de l'automne au ras de la terre, liés en bottes en deux ou trois endroits, portés sur une grosse chaudière et placés dedans verticalement. Puis, on recouvre les bottes d'épais paillassons ou d'un vase en bois, et on les soumet à l'action de la vapeur qui s'échappe de la chaudière, pour que les fibres se dissolvent facilement : en somme, c'est un rouissage à la vapeur. Quand les gerbes sont refroidies, on sépare le liber et l'écorce du bois et on le vend aux industries spéciales.

Plantes sucrières.

Canne à sucre (*Saccharum officinarum L.*), plante rappelant le roseau de marais, originaire des pays tropicaux, d'une hauteur de 2 à 3 mètres et d'une épaisseur de 3 à 5 centimètres, avec une tige creuse remplie d'une sève succulente, qui fournit le sucre brut.

D'après notre tradition, la canne à sucre a été importée au Japon de l'île *Riukiu,* au commencement du XVIIe siècle, dans le courant de l'année *Kiyoho* et depuis, cette culture s'est développée petit à petit dans les provinces du Sud. La canne à sucre étant une plante indigène des tropiques, ne prospère au Japon que dans la zone comprise en deçà du 37e degré de latitude nord. Elle est cependant cultivée dans des régions très abritées encore plus au nord, mais avec peu de succès ; car, même dans les provinces du Sud, elle ne fleurit presque jamais et ne peut passer l'hiver en plein air : il faut chaque

année faire une nouvelle plantation, alors que, dans le pays d'origine, la même plantation fournit jusqu'à vingt récoltes.

Pour obtenir la multiplication, on dispose en meules les tiges récoltées en automne, et au printemps suivant, on les coupe en morceaux de 10 à 15 centimètres, chacun de ces morceaux devant porter deux nœuds, et on les plante, à un intervalle de 40 à 50 centimètres, dans un champ convenablement préparé. Cette opération se fait d'ordinaire en mai et la récolte en octobre.

La betterave (*Beta vulgaris L.*) a été récemment importée de France et d'Allemagne et plantée dans différents endroits des provinces du Nord. Ces expériences ont eu des résultats favorables : aussi la culture de la betterave devra-t-elle prendre bientôt une grande extension.

Plantes cultivées pour leurs feuilles.

Le tabac (*Nicotiana chinensis Fisch.* et *N. tabacum L.*) est cultivé au Japon depuis l'année 1605 de la naissance du Christ et maintenant partout en grandes quantités et à l'état de variétés diverses, qui diffèrent entre elles par la forme et la grandeur des feuilles et la couleur des fleurs. On fait la semaille sur couche bien préparée en général fin mars et la transplantation sur le champ récemment travaillé, à un intervalle de 40 à 50 centimètres. Les jeunes plants de tabac reçoivent pendant la période de croissance les mêmes soins que la persicaire tinctoriale : on récolte en juillet ou dans les premiers jours d'août. On suspend les feuilles séparément, pour les dessécher, à un réseau fait de cordes en paille tendues çà et là au-dessus du sol. Quand la dessiccation est terminée, chaque feuille enroulée est arrosée séparément avec de l'eau et déplacée ; puis, on réunit les feuilles ensemble en petits paquets.

Le tabac le plus estimé au Japon croît dans la province du Sud *Hiuga,* sur un sol de tuf meuble, d'origine volcanique.

Le thé (*Thea chinensis Sims.; Thea viridis L.*) est un arbuste de 1 à 2 mètres de hauteur, à ramifications nombreuses, qu'on maintient, par la taille, à une hauteur moyenne d'un mètre pour rendre plus facile la coupe des feuilles. Ces feuilles sont toujours vertes,

à court pétiole, pointues, dentelées, sans poils et brillantes ; les fleurs sont blanches et parfumées. Le thé est cultivé pour ses jeunes feuilles en Asie (surtout en Chine et au Japon) et aussi en Amérique.

Limite de culture : 40e degré de latitude nord. De préférence, dans les pays de montagnes, sur les pentes, et au bord des champs.

On prépare le champ en hiver, en creusant à des intervalles d'un mètre des lignes de trous de 30 centimètres de profondeur et 30 centimètres de diamètre, qu'on fume largement et qu'on recouvre d'un compost de paille non décomposé. Au printemps, on met 20 à 25 graines dans chaque trou, et on remplit de terre. Soins de culture ordinaires : enlèvement des mauvaises herbes et forte fumure annuelle. Dans quelques endroits, on sème une autre récolte entre les lignes, jusqu'à ce que l'arbre à thé commence à produire.

La première récolte, dans des conditions moyennes de culture, a lieu dans la quatrième ou cinquième année après la semaille : la récolte principale se fait, suivant la saison, de fin mars à mi-mai ; celle d'août livre une mauvaise qualité. Les jeunes feuilles de thé, cueillies soigneusement avec les doigts, sont traitées de façons différentes suivant les localités et la demande, soit par la vapeur et le grillage pour le thé vert, soit par la fermentation pour le thé noir (ou plutôt brun).

Le mûrier (*Morus*). — Deux espèces cultivées en grande quantité pour les feuilles, qui servent de nourriture aux vers à soie : le *Morus niger L.* à baies noires, et le *Morus alba L.*, à baies blanches. La multiplication se fait par boutures ou par semailles, la plantation en partie sur les bords du champ, en partie dans le champ, en lignes, mais en laissant un espace de terre libre où l'on cultive une autre plante (c'est comme dans certaines régions de l'Allemagne où l'on élève des arbres fruitiers, surtout des pruniers, sur des champs cultivés).

Ces arbres sont traités de la même façon que les saules en Allemagne, une partie est coupée au ras du sol ; et pour le reste, on coupe seulement la tige en partant de la tête, à 2 mètres de hauteur. On donne les feuilles, avec ou sans les tiges, comme aliment aux vers à soie. Les fibres du mûrier sont souvent aussi employées en mélange pour la fabrication du papier, avec celles du mûrier à papier.

Plantes à tresser.

Le jonc lâche (*Juncus effusus L.*) est la plante marécageuse la plus commune sur la terre et qui est cependant inutilisée presque partout : au Japon, elle a la plus grande importance non seulement pour l'agriculture, mais aussi pour toute la population du pays ; c'est une culture d'hiver très développée dans les champs marécageux. Emplois : fabrication des nattes qui servent de tapis dans les maisons, de coiffures pour les ouvriers, et de mèches (faites avec la moelle) pour les bougies et les lampes à huile.

Multiplication. — On arrache les rejetons des souches et on les plante dans un champ préparé pour la culture du riz à des intervalles de 8 à 10 centimètres, et on enlève les mauvaises herbes.

De juin à juillet, avant que la floraison commence, on moissonne à ras de terre et on engerbe. Les gerbes sont ensuite enterrées dans un fossé profond préparé à l'avance et dont l'eau a été troublée ou plutôt rendue bourbeuse par de l'argile blanche : au bout de quelques minutes, on retire les gerbes entièrement imprégnées de cette boue blanche, on les lave et on les étend pour les sécher sur un gazon ensoleillé. Deux jours suffisent : puis on les engerbe à nouveau, on les porte à la maison ; là on les transforme tout de suite en nattes, ou bien on les bottelle pour s'en servir comme paille. L'immersion des gerbes dans la boue a pour but de conserver fraîche la couleur verte pendant un temps plus long, et de protéger les nattes contre les ravages causés par les teignes : pour cette cause aussi, on prend le soin de remplacer par une nouvelle quantité d'argile, celle qu'aura enlevée le travail subséquent.

Pour les joncs qui sont destinés à d'autres usages, on supprime ce trempage dans la boue argileuse ; aussitôt la coupe faite, on les laisse en javelles sur une pelouse et quand la dessiccation est opérée, on les engerbe pour les rapporter à la maison. Là, on en retire la moelle qui sert à faire les mèches et, avec la tige qui reste, on fabrique des chapeaux.

Le souchet ou cypère d'Asie (*Cyperus rotundus L.*), plante indigène des pays du Sud, est un médicament ou un hors-d'œuvre estimé

(par exemple en Égypte et en Grèce) à cause de son parfum agréable[1]; elle croît à l'état sauvage dans les petites îles du Sud du Japon. Mais là elle n'est employée ni comme médicament, ni comme hors-d'œuvre, mais uniquement à la confection des nattes. Et c'est dans ce but qu'on la cultive dans les provinces sud de l'île principale. Mêmes conditions de culture, même temps de croissance que pour le jonc. La tige de cette plante étant angulaire et par suite épaisse est, aussitôt après la récolte, fendue en trois parties, à l'aide d'un mécanisme spécial et séchée au soleil; les trois parties s'enserrent solidement par les bords, enferment le reste de la moelle et forment une matière mince et résistante propre à la fabrication des nattes.

Légumes et plantes de cuisine.

L'énorme consommation de légumes pour l'alimentation a eu pour résultat que le paysan qui habite à proximité des villes a délaissé complètement la culture des céréales et a consacré par conséquent une activité plus grande à la culture maraîchère et produit des variétés nombreuses de chaque genre de plantes.

Une description complète des procédés de culture et de l'emploi de chaque légume en particulier m'entraînerait beaucoup trop loin : je me borne donc à énumérer les plantes les plus importantes :

Cruciferæ : *Raphanus sativus L., R. sativus f. vernalis; Brassica chinensis L., B. campestris L., B. Rapa L., B. Rapa f. amplexicaulis, B. sp.; Sinapis cernua Thunbg., S. cernua Thunbg. f. foliis serratis, S. chinensis L., S. chinensis f. foliis dissectis, S. integrifolia Willd., S. japonica Thunbg.; Entrema Wassabi Mat.*

Umbelliferæ : *Daucus carota L. var. maxima; Œnanthe stolonifera D. C.; Fœniculum vulgare Gärtn.; Cryptotænia canadensis D. C.; Coriandrum sativum L.*

Araliaceæ : *Aralia cordata Thunbg.*

Chenopodiaceæ : *Spinacia inermis L.*

Amarantaceæ : *Amarantus melancholicus Miq.*

Labiatæ : *Stachys Sieboldii Miq.; Perilla arguta Benth.*

1. Leunis, *Synopsis der Pflanzenkunde*, II. Bd, 3 Aufl. Hannover, 1885, p. 863.

Solanaceæ : *Solanum melongena L., S. mel. var.; Capsicum annuum L., C. longum L., C. sp.; Lycopersicum esculentum Will.*

Polygonaceæ : *Polygonum japonicum Thunbg., P. gramineum Meisn., P. nodosum L., P. orientale, P. barbatum L.*

Cucurbitaceæ : *Luffa petola Ser., Cucumis sativus L., C. melo L., C. Conomon Thunbg., C. flexuosus L.; Citrullus edulis Spach; Cucurbita pepo L., Lagenaria dasystemon Miq., L. vulgaris Ser.; Momordica charantia L.*

Compositæ : *Lappa major L., Lactuca sativa L., L. sororia Miq., Chrysanthemum coronarium L., Petasites japonicus Miq., Senecio Kæmpferi C. D.; Taraxacum officinale Wigg. var., T. corniculatum Koch.*

Liliaceæ : *Allium sativum L., A. fistulosum L., A. fistulosum L. var., A. Æscalonicum L., A. Schœnoprasum L., A. splendens Willd.; A. japonicum Thunbg., A. senescens L., A. sp.*

Zingiberaceæ : *Amomum Zingiber L., A. Mioga Thunbg.*

Gramineæ : *Bambusa puberula Miq.*

Hymenomycetes : *Agaricus Shiitake Sieb.*

VI. — Élevage.

Ainsi que je l'ai déjà mentionné plusieurs fois, l'élevage joue un rôle très secondaire au Japon, parce qu'autrefois, grâce au mode d'alimentation végétarienne et de la récolte scrupuleuse des excréments humains, l'élevage n'était pas si indispensable qu'en Europe, et même il se limitait à l'élevage de bêtes de trait et de somme.

Le bilan du bétail au Japon comportait, d'après la statistique publiée par le Ministère de l'Intérieur en 1882 :

Chevaux.	1 640 523
Bêtes à cornes	1 159 750

Autrefois, les plus grands gentilshommes élevaient, presque dans chaque province, des chevaux pour les services militaires, dans de grands haras au milieu des pâturages ; malheureusement, cet élevage ne fonctionne plus depuis la Révolution de 1868. Les grandes surfaces de prairies qui autrefois servaient à l'élevage des chevaux

sont maintenant, dans certaines régions, abandonnées sans culture et à l'état sauvage. Un semblable terrain, d'une superficie de plusieurs milles carrés, se trouve à peu de distance de la capitale de *Tokio*, dans la province *Shimosa* ; c'est là qu'avant la révolution on élevait les chevaux du « *Schogun* » (prince héritier). Quant aux paysans, ils n'élevaient que peu ou pas de chevaux.

La production du bétail ne fut jamais aussi grande que celle du cheval : car le paysan n'envisageait le bétail que comme un moyen de lui épargner une dépense de forces, dans les travaux de culture, et pas du tout comme producteur de viande, de lait, de beurre, etc. Aussi ne possédait-il qu'une tête ou deux au plus de bétail, et se livrait-il bien rarement à l'élevage.

Jadis, les ânes, les mulets, les porcs, les moutons et les chèvres faisaient complètement défaut chez nous : ils y ont été importés depuis que le pays est ouvert aux étrangers.

Le cheval japonais, d'après les récits populaires, a été importé au Japon par la civilisation chinoise du continent asiatique et s'est peu à peu acclimaté dans tout le pays. Il appartient à la race mongolique et est de stature trappue. Son apparence extérieure est celle d'un poney. La tête est très grosse, dure, sans expression intelligente ; le cou épais, les os relativement forts, le ventre gros, un poil moyennement long, et les jambes de derrière très rapprochées. Le poitrail et les jambes de devant sont bien. Très mou pour le trot, il transpire et écume rapidement.

Comme, autrefois, nous ne connaissions pas la castration des animaux, on n'utilisait que l'étalon comme bête de trait et de somme, de sorte que dans les villes on ne voyait aucune jument, ni aucune vache. On pensait alors que la jument était incapable de faire le service d'un étalon, parce qu'elle est plus faible que lui. Mais la raison en est aussi dans ce fait que l'on voulait éviter de mettre en présence des animaux mâles et femelles, les premiers devenant souvent sauvages et indomptables. C'est pourquoi les juments n'avaient été jusqu'ici employées qu'aux travaux des champs ou que comme bêtes de somme à la campagne, et parfois même elles restaient sans rien faire sur les pâturages ; mais, maintenant, depuis qu'on pratique la castration, les cavaliers les préfèrent aux étalons.

La façon dont nous traitons nos chevaux est toute différente de la façon européenne. Les intérieurs d'écuries dans la ville sont tous construits par routine, d'après les mêmes dimensions. Chaque cheval a sa stalle spéciale cloisonnée avec des planches, un box complet ; il n'est pas attaché comme en Allemagne, la tête tournée vers la paroi du fond ou l'une des parois de côté ; il est placé en face du jour et de l'entrée. Il est attaché à droite et à gauche aux poteaux, avec des cordes d'égale longueur, il lui est impossible ni de se coucher, ni de faire un mouvement de côté, ni de se retourner : ses liens sont si courts qu'il est forcé de rester dans une immobilité presque complète. Un tonneau de 20 à 25 litres, dans lequel on met le fourrage, lui sert de mangeoire : ce tonneau est maintenu, aux heures des repas, par des cordes qui passent dans des anneaux fixés sur les poteaux. On détache le cheval pour le laisser manger et, pour la nuit, on relie les cordes aux anneaux placés à la partie inférieure des poteaux, afin qu'il puisse se coucher. Une galerie à fourrages règne tout le long du front des séparations. Chaque stalle reste ouverte à sa partie antérieure, toute la façade du bâtiment est fermée par des portes à coulisses.

L'organisation des stalles est la même à la campagne qu'à la ville : mais chacune d'elles est bien plus bien spacieuse ; le devant peut se fermer avec une grille épaisse et le cheval est en liberté.

A la ville et dans les campagnes, le sol des stalles est planchéié et au milieu il existe une ouverture, recouverte d'une grille, vers laquelle le sol s'abaisse en une pente douce. Sous cette grille se trouve un vase en grès ou un tonneau en bois enfoui dans la terre et destiné à recueillir l'urine du cheval. Quand ce vase est plein, on le vide avec un seau à puiser et on arrose avec le contenu le petit tas d'excréments solides placé à l'extérieur des écuries.

La litière n'est donnée que le soir, enlevée le lendemain matin, exposée au soleil si le temps est beau et aussi plus d'une fois utilisée de suite. Aussitôt que la litière est enlevée, on nettoye la stalle avec de l'eau. On place chez nous les animaux la tête du côté de la porte et de la lumière, pour permettre un nettoyage aussi complet que possible de la stalle et, de plus, de donner à celui qui entre dans cette stalle la facilité de pénétrer jusqu'à la croupe de l'animal sans

marcher dans les excréments, ce qu'on ne peut éviter avec l'installation des écuries allemandes. Avant tout, le cheval est maintenu au Japon dans un état très grand de propreté, on l'étrille avec un soin extrême. On le peigne, l'évente et le bouchonne ; on lui brûle aussi le poil avec une sorte de petit flambeau fait avec un tube de bambou fendu, opération tout à fait semblable à celle qu'on pratique sur les veaux, au moyen d'une lampe spéciale, dans certaines régions de l'Allemagne, par exemple en Holstein et en Mecklembourg. On baigne les chevaux presque tous les jours, surtout les chevaux de luxe, quand ils ont fait un travail quelconque, puis on les conduit sur une place entourée par trois paires de piliers réunis à la partie supérieure au moyen d'une traverse, tout à fait analogue à la stalle appelée « Zwangstall », consacrée à la ferrure des bœufs en Allemagne. Les poteaux portent des anneaux de fer pour attacher le cheval avec des cordes : on fait entrer les pieds de devant de l'animal dans une cuve ovale plate, profonde de 40 centimètres environ, et remplie d'eau chaude ; on trempe dans cette eau un bouchon de paille avec lequel on nettoie avec soin la crinière, les oreilles, la bouche, etc. Quand l'avant-train de l'animal est nettoyé, on porte la cuve en arrière et on opère de la même façon le lavage scrupuleux de l'arrière-train (la queue et les organes génitaux), le cheval ayant ses pieds de derrière plongés dans l'eau, le bain est alors terminé. Après un bouchonnage aussi complet que possible, le cheval est ramené dans sa stalle. C'est un bienfait que ce bain pour lui quand il est ruisselant de sueur et couvert d'écume après son travail, et on estime qu'un cheval est perdu quand on interrompt le bain. En effet, on a remarqué qu'une inflammation, qui peut mal tourner, se produit au sabot, au paturon et à l'os de la couronne d'un cheval qu'on bouchonne seulement à sec plusieurs jours de suite. Je n'ai là-dessus aucun avis personnel et je dois laisser messieurs les vétérinaires juges de la question, mais il me semble que des lavages fréquents à l'eau chaude amènent un changement dans l'état physiologique au point de vue de la circulation du sang, de la perspiration et surtout de l'activité des fonctions de la peau et provoquent une plus grande sensibilité ; sans cela, les mêmes manifestations devraient exister chez les autres chevaux. Le cheval de culture, qu'on ne lave à l'eau que pendant l'été,

surtout quand il a travaillé dans les marais, ne présente aucune apparence maladive, comme les chevaux de luxe. Depuis ces derniers temps, ce procédé a été employé plus rarement ; si cela se fait encore, ce n'est pas général ainsi qu'autrefois.

L'alimentation du cheval n'est pas uniforme : les chevaux de luxe reçoivent la ration la plus riche en principes nutritifs, puis viennent les chevaux de culture et enfin les bêtes de louage et les bêtes de somme. Ces derniers peuvent être comparés aux chevaux de fiacre allemands. Le meilleur fourrage consiste en un mélange formé de deux parties en volume de fèves de Soja, trois parties d'orge (tous les deux cuits), une partie de son de riz et quatre parties de paille de riz hachée et de foin de feuilles de Soja, qu'on récolte dans ce but avant qu'elles ne tombent, au moment où elles commencent à perdre leur couleur verte. Le foin de prairie qu'on récolte dans les pays d'herbages et sur les chaussées des fleuves, a été rarement employé jusqu'ici et seulement comme complément de ration.

Le mélange est humecté avec de l'eau et placé devant les chevaux dans les tonneaux de bois décrits plus haut. La quantité de grains représente environ 8 à 10 litres par jour et par tête. Dans ces dernières années, on a substitué, surtout pour les chevaux de l'armée, le foin de prairies à une partie du foin de fève, à cause du prix élevé de ce dernier.

La ration des chevaux de culture est formée d'orge et de quelques légumineuses qui remplacent la fève de Soja et la fève de marais ; plus tard, de son de riz et de paille coupée, mélangée parfois en été avec du fourrage vert, qu'on va chercher dans les herbages et parmi lesquels se trouvent des arbrisseaux à fleur papillionacée (*Lespedeza Cyrtobotrya Mig.*) et d'autres variétés, par exemple la sarmenteuse *Pueraria Thunbergiana Beth.* La bête de somme reçoit une nourriture très mauvaise, à peine suffisante à son existence ; la ration qu'elle reçoit est presque uniquement composée de paille de riz coupée, mélangée avec des grains cuits, de l'orge ou des fèves, qu'on additionne d'eau et qu'on saupoudre, comme friandise, d'une poignée de son de riz d'une odeur douce.

Les chevaux de luxe recevaient, jusqu'à maintenant, six rations en vingt-quatre heures et les autres quatre.

Les prairies n'existent pas au Japon, car les parties basses du pays que leur humidité rendait propres à cette culture, sont toutes transformées en champs de riz et, par suite, l'élevage du bétail joue un bien faible rôle dans l'exploitation. Le foin est de très mauvaise qualité ; il croît sur les pentes des montagnes, les bords des étangs et des fossés, ou sur les talus des rivières : aussi, se trouve-t-il dans le nombre beaucoup de mauvaises herbes, par exemple les herbes acides *Cypéracées*.

La petite taille et la faiblesse du cheval japonais le rendent impropre à plusieurs travaux, par exemple à traîner un chariot de marchandises ; il s'habitue aussi difficilement à se laisser monter, parce qu'il a un gros ventre et entre très rapidement en une forte transpiration. C'est donc un devoir essentiel pour l'avenir d'améliorer notre race de chevaux indigènes par l'importation d'une race de chevaux utilisables pour les travaux des champs, une alimentation plus rationnelle fournie par une culture de plantes fourragères et d'obtenir ainsi un animal pouvant servir à tous les usages.

Plus indispensable encore pour le moment est l'élevage du gros bétail et des moutons. Jadis, le bétail ne servait que comme bête de trait et bête de somme, ainsi que le cheval, sans qu'on en tirât aucun autre profit, et il résulte de ce système qui faisait du cheval un animal appelé à rendre plus de services dans certains cas, qu'aujourd'hui le nombre des bêtes à cornes est relativement plus faible que celui des chevaux, bien que leur entretien soit beaucoup moins coûteux. D'après la statistique du Ministère de l'Intérieur pour 1882, l'ensemble des bêtes à cornes, veaux compris, s'élève à 1 159 750 têtes vis-à-vis de 1 640 523 chevaux. Depuis que les étrangers ont libre accès dans le pays, que la civilisation moderne y a pénétré et qu'avec elle s'est inauguré un nouveau genre d'existence, la consommation des produits du bétail s'est aussi un peu répandue. Mais notre manière de vivre depuis plusieurs milliers d'années ne se soumet pas à une transformation aussi facilement : aussi, la consommation de la viande, du lait, etc., se limite-t-elle maintenant encore aux villes de grand commerce ; pourtant, le nombre du bétail acheté augmente assurément chaque année.

Voici les données du Ministère de l'Intérieur sur le nombre de bêtes abattues.

	1878.	1879.	1880.	1881.	1882.	TOTAL pour les cinq années.
	—	—	—	—	—	—
Bœufs.	29259	29228	34663	36381	39288	168819
Veaux.	1483	1458	697	240	?	3888
Porcs.	770	459	7538	5441	5762	19670
Moutons.	412	201	561	659	908	2741
Total.	31924	31346	43459	42421	45958	194108
Moyenne = 100 p. 100	82.5	82.0	112.0	104.0	113.0	100

La consommation du lait est toujours faible et pourtant elle augmente comme celle de la viande, surtout dans l'alimentation des malades et des vieillards.

Le bœuf japonais a le type d'une race de vallée, de très grande stature. Ses poils sont courts, sa tête est de moyenne grosseur, ses cornes généralement courtes, dirigées en avant ou en dedans ; son cou de moyenne force et sa panse peu développée; par derrière le corps allongé et la croupe un peu tombante. La robe est ordinairement noire, avec une teinte brune, quelquefois noire avec des taches blanches sur la croupe et sur les jambes. Il n'y a qu'une province où le bétail a une robe brune et se distingue par ses bonnes qualités. Il ressemble à la race la plus répandue en Europe, le bœuf des steppes de Podolie (Europe orientale). Mais il est impossible de décider si c'est chez nous un animal de race indigène ou bien s'il a été importé dans les temps anciens par la civilisation chinoise. La dernière hypothèse n'est pas invraisemblable, car de toute antiquité la race du bœuf gris de l'Europe orientale existait sur toute la surface de la Chine. Cet animal possède en effet de grandes qualités comme bête de trait, beaucoup supérieures surtout, au point de vue de la résistance, à celles de notre cheval; aussi emploie-t-on depuis les temps les plus reculés le taureau, dans les villes, pour traîner les chariots de marchandises. Quant à la question d'engraissement on n'a fait jusqu'ici aucune observation sur le bœuf, puisque nous ne sommes pas des carnivores.

Les vaches n'ayant pas été habituées à la traite et leur lait appar-

tenant entièrement à l'allaitement du veau, leurs organes ne se sont pas conformés à fournir du lait pendant plusieurs mois. Ont-elles vêlé, elles produisent du lait juste en quantité suffisante, seulement durant quelques semaines, pour élever convenablement leur veau. On devra donc faire des efforts pour développer le rapport en lait chez l'animal par une action de plusieurs années sur des générations, surtout par une alimentation convenable et contribuant à la production du lait et remédier ainsi à cette particularité de la race. On devra faire des recherches analogues relativement à la faculté d'engraissement, car ces deux caractères ne dépendent pas toujours absolument de la race, et n'ont pas de liens importants au point de vue morphologique.

Le bétail est traité vraiment en marâtre, en comparaison du cheval. Toutes les stalles sont aussi semblables ; chaque animal a sa place séparée au moyen de planches ou de lattes épaisses, mais on le laisse en liberté ou bien on l'attache au milieu du boxe, à l'anneau de fer d'un poteau enterré dans le sol.

Le sol de la stalle n'est pas couvert, mais seulement fait d'argile ou de glaise pilée intimement avec des débris de rochers : il n'existe aucune installation pour recueillir l'urine. On laisse l'engrais se rassembler sous la litière qu'on donne chaque jour, jusqu'à ce qu'il y en ait une certaine quantité ou même jusqu'au moment où on l'emploie, ce qui est l'usage dans quelques contrées de l'Allemagne pour le fumier de vaches et partout pour le fumier de moutons. L'animal est nettoyé chaque jour, mais on ne le lave pas et on ne lui brûle pas les poils comme au cheval.

L'alimentation du bétail est très mauvaise et tout à fait irrégulière. Il reçoit tous les résidus de la ferme, absolument comme cela arrive pour le porc en Allemagne, la partie verte du radis, les pelures des batates, etc. En été, on lui donne des fourrages verts, des herbes de toute sorte qui croissent sur les pentes des montagnes, au bord des fossés et des étangs et sur les talus des fleuves; en hiver, surtout de la paille de riz, coupée grossièrement et mélangée avec du son et de l'eau chaude. A l'époque de la préparation du champ ou de la récolte, comme il a beaucoup à travailler, sa ration se compose de grains avec de l'orge cuite ou des haricots, suivant les convenances

de l'exploitation. Le bétail reçoit en outre du sel soit seul, soit mélangé à sa ration, tandis que le cheval n'en mange jamais.

La paille de riz se trouvant toujours en quantité suffisante dans toutes les exploitations et étant mangée avec plaisir par les animaux, on n'emploie jamais de paille de blé ou d'orge pour l'alimentation, pas plus que pour la litière. Ces pailles servent à des buts techniques, couvertures de maisons, confection de mosaïque, etc. ; d'ailleurs on incinère ces sortes de pailles, si bien qu'on ne profite pas de leur entière valeur, ce qui arrive en Allemagne d'une façon si rationnelle. Un mode d'élevage rationnel du bétail étant tout à fait inconnu au Japon, au point de vue du traitement du bétail, faute d'une direction juste, il se passa un fait marquant, triste et tout à fait absurde, que je vais raconter brièvement.

Pour encourager l'élevage du bétail indispensable à toute exploitation rationnelle, et qui passait de main en main avec la culture du champ, le Gouvernement confia, pour les élever, à un particulier qui n'avait aucune espèce de connaissances en agriculture, puisqu'il ne s'était jamais occupé auparavant du bétail étranger, un grand troupeau de bœufs anglais à cornes courtes, qui représentait un gros capital. Cet homme se plaignit de la mauvaise qualité des herbes des prairies dont il était lui-même le propriétaire dans le voisinage, et fit venir les fourrages verts de contrées situées à un mille, et pourtant n'utilisa pas le fumier si précieux de son étable, pour obtenir de bonnes plantes fourragères ; il le laissa pourrir en tas devant la stalle. Dans d'autres cas, c'est un paysan indigène qui laisse périr le beau bétail de vermine et de faim, tandis qu'il abandonne devant l'étable différents aliments propres à son alimentation, tels que des monceaux de paille de riz ou de pois et, suivant en cela la méthode léguée par ses prédécesseurs, il arrose ce tas de purin et le transforme en compost ! De telles fautes ne peuvent être excusées que par une ignorance absolue et un manque total d'expérience en matière de questions d'élevage.

L'élevage des porcs n'existait pas autrefois, à cause du manque de débouché. Depuis que l'importation étrangère est libre, cet élevage a été introduit et s'est développé rapidement. Comme cet élevage était fait sans connaissances, et seulement, pour ainsi dire,

par curiosité et spéculation, il ne fut pas rémunérateur et on dut bientôt y renoncer, car, dès le début, le prix de vente d'un porc, élevé avec beaucoup de dépenses, ne couvrait pas seulement la dixième partie des frais. Maintenant, on n'en élève plus qu'aux environs des villes de commerce importantes et encore en très petites quantités.

Il n'y avait pas non plus de moutons au Japon avant ces derniers temps, où le Gouvernement a entrepris un essai d'élevage sur plusieurs milliers de moutons dans la ferme-modèle de *Nashumo*. Mais comme cet élevage est fait sans connaissances et sans expérience, il est impossible de savoir quels résultats on en tirera. L'opinion générale est que le sol et le climat du Japon ne conviennent pas à un élevage de moutons, parce qu'ils exigent une alimentation en fourrages verts trop longue et que, pour cette raison, tous les essais entrepris jusqu'ici pour acclimater le mouton n'ont pas réussi.

La justesse de cette opinion doit être bien mise en doute, car jamais un essai quelconque d'acclimatation de la race ovine n'a été conduit avec intelligence.

D'ailleurs, grâce à l'atmosphère chaude et humide du Japon et aux nombreuses pluies d'été, il croît dans les prairies des herbes qui ont la taille d'un homme et ne peuvent pas être pâturées par les moutons. Mais, avec un peu de peine et une certaine dépense, on pourrait remédier à ce mauvais état de choses et créer méthodiquement de bons parcages à moutons, en délogeant les mauvaises herbes sauvages indigènes, par une semaille de véritables plantes de prairies, comme le trèfle blanc (*Trifolium repens*), le ray-grass anglais (*Lolium perenne*), etc.

On peut bien dire que les moutons en général se plaisent mieux dans les pays à climat sec, mais plusieurs races réussissent parfaitement sous un climat humide. Par exemple en Angleterre, où l'air humide de la mer inonde tout le pays, on produit de l'excellente viande de mouton, surtout dans le comté de Lincoln ; et aussi des moutons à laine abondante, longue et lustrée, de qualité excellente.

D'après la conviction que j'ai d'un développement imminent de l'agriculture japonaise, je crois que l'élevage du mouton y prendra,

une très grande extension, et que, entrepris d'une façon rationnelle, il fournira un revenu élevé ; car, pour les raisons suivantes, il compte parmi les facteurs les plus puissants et les plus importants qui contribueront au relèvement de l'exploitation agricole au Japon.

Depuis que le pays est ouvert aux relations extérieures et que les cultivateurs peuvent faire la concurrence à l'étranger, ils exportent leur production en soie autrefois utilisée entièrement par la population et, en échange, ils importent des laines et des étoffes de coton. Ces étoffes de laine étaient aussi produites au Japon depuis les temps anciens et d'un usage général ; mais pas la laine qui n'a été introduite que par la civilisation moderne et dont l'emploi s'est vulgarisé si rapidement que l'ancien costume japonais est de plus en plus abandonné. Par conséquent, il est fort désirable que la production de la laine ait lieu dans le pays même. D'autre part, le pays se prête extraordinairement bien à l'élevage de la race ovine, car il est plein de défilés, de pentes montagneuses et de terres situées sur les plateaux des collines, où l'irrigation est impossible et qui ne peuvent servir à aucune autre production agricole fructueuse, à cause de l'éloignement du marché.

Il me reste à mentionner l'élevage des petites bêtes : celui des volailles, des abeilles et des vers à soie. Le dernier a une importance des plus grandes pour le Japon ; le premier comprend l'élevage des canards, des poulets et des pigeons.

Les poules sont conservées dans toutes les familles sans exception à cause de leurs œufs, les canards aussi souvent, mais en moins grand nombre. Elles augmenteront de valeur en même temps que la consommation de la viande et, bien qu'elles n'aient pas d'importance dans une grande exploitation, dans une petite, leur élevage bien mené produit un bon revenu qui n'est pas négligeable. On entretient les pigeons, dans certaines régions, uniquement pour l'engrais, dans des maisons spécialement installées pour cela, mais ils ne jouent pas un rôle qui puisse être pris en considération dans un bilan. L'élevage des abeilles est limité généralement à la montagne et existe très rarement dans la plaine. Le miel et la cire sont employés comme médicaments, le miel sert très rarement comme aliment et la cire aussi pour la fabrication des bougies.

La branche d'industrie la plus importante, celle qui tient la première place, c'est l'élevage des vers à soie, grâce au climat favorable. Depuis les temps anciens il est répandu sur presque toute la surface du pays; mais, comme il ne pouvait y avoir d'exportation, il n'existait pas d'autre débouché que les besoins du peuple. Dans les dernières années, cette exploitation a pris un plus grand développement, si bien que l'élevage des vers à soie, dont les produits étaient autrefois travaillés à la main par chaque famille, a pris une importance beaucoup plus grande, parce que, sous la protection du Gouvernement, des associations se sont formées dans plusieurs contrées pour extraire la soie à l'aide de machines, ce qui contribue à l'augmentation de la production du pays.

Toutefois, cette production pourra s'étendre encore beaucoup et s'améliorer par l'utilisation d'une partie du pays restée jusqu'ici sans culture, et où le mûrier, indispensable à l'élevage des vers à soie, réussit toujours bien.

Vues générales sur les conditions actuelles et l'avenir de l'agriculture japonaise.

Au temps où le pays était complètement fermé aux relations avec l'étranger, comme l'a fait ressortir Liebscher dans son livre sur le Japon[1], la culture a dû se restreindre à une surface relativement limitée, soit au voisinage des lieux où les produits agricoles trouvaient un débouché, soit auprès des fleuves navigables; parce que non seulement des prescriptions légales anciennes, mais aussi la difficulté d'exploitation dans la montagne et le mauvais état des routes rendaient le développement de l'agriculture tout à fait impossible. Une autre raison s'opposait à l'utilisation des parties trop éloignées des centres pour l'élevage du bétail : une absence complète d'écoulement des produits aux indigènes, tous végétariens. Le nombre des champs placés dans des conditions favorables diminua d'une façon de plus en plus sensible avec le temps : il en résulta que le prix de la terre augmenta notablement et naturellement aussi le prix des produits les plus essentiels aux besoins de la population. La main-

1. V. Liebscher, *Japan*, p. 77.

d'œuvre devenant plus chère et les impôts fonciers, établis une fois pour toutes, n'ayant subi aucune diminution, il ne resta au paysan qu'une ressource : celle de morceler sa terre en parcelles et de s'appliquer à obtenir sur une petite surface une augmentation aussi grande que possible du produit brut, sans considérer le produit net. L'intensité de la culture augmenta donc, jusqu'à ce que le produit brut atteignît le maximum possible avec un travail du champ fait avec le plus grand soin, réglé suivant la nature du lieu et du sol, et surtout par une fumure compostée avec tous les engrais disponibles.

De plus, l'éloignement où se trouvent les lieux de production des lieux de consommation exerce une influence considérable sur le choix de la direction à donner au système de culture ; c'est une application pratique et précise du cycle théorique en pays isolé de *von Thünen*.

D'après Thünen, il y a trois périodes différentes au point de vue du cercle de production : 1° celle où la partie du pays placée au centre de production était occupée par la culture libre du premier cercle (au Japon, c'est surtout la culture maraîchère qui prit la plus grande extension aux environs des marchés) ; 2° celle où la sylviculture, qui n'exista d'abord que sous forme de petits bosquets auprès des villages, commença à se développer et 3° enfin la troisième période caractérisée par la succession méthodique des cultures, c'est-à-dire la culture des céréales et des plantes industrielles. En dehors de cette surface de production à laquelle Thünen limite le domaine de la culture triennale, où se fait l'élevage du bétail, il existe au Japon une culture extensive de céréales et surtout un grand nombre de prairies naturelles, dont le produit est utilisé par le paysan dans la région de culture intensive pour la préparation du compost, ainsi que cela se pratique dans le contrées sableuses du nord de l'Allemagne.

Bien plus encore en dehors du cercle de production, se trouvent les forêts vierges du Japon, dont les produits servent seulement à l'alimentation des tourneurs nomades [1], des chasseurs et des charbonniers.

---

1. Ils voyagent dans les forêts touffues, d'un lieu à un autre, avec leurs familles et travaillent les bois de façon à leur donner une forme transportable, comme des écorces de bois, et ils se procurent ainsi leur pain.

Grâce à l'isolement absolu du pays de toutes les autres nations jusqu'en 1868, tous les autres consommateurs en étaient réduits à se contenter exclusivement, pour leur alimentation, des produits de leur propre sol : par suite, les besoins et les prix de tous les produits agricoles variaient avec la production indigène, et cela permettait aux paysans d'avoir, malgré les inconvénients mentionnés plus haut, une existence assez bien assurée, qui fut pendant des siècles celle d'un peuple parfaitement heureux et satisfait, d'autant plus qu'ils n'avaient pas appris de leurs prédécesseurs qu'il pût y avoir des conditions d'existence meilleures.

Quand le pays fut ouvert à l'étranger, une transformation absolue eut lieu dans la façon d'administrer du paysan, en dépit d'une routine tenace et très ancienne. Les rapports commerciaux, facilités par la création de transports par les bateaux à vapeur, l'installation de la poste, du télégraphe et du chemin de fer, acquirent d'année en année une importance plus grande par la liberté des professions et de l'établissement. Le peuple, qui devait autrefois se contenter de la consommation des produits indigènes, s'en affranchit et tira des marchés du monde entier de quoi subvenir à ses besoins.

Le cultivateur qui, jadis, ne se préoccupait en rien d'aucune partie du monde, et cultivait routinièrement une petite parcelle de terre, se vit de plus en plus contraint à se conformer aux nouvelles conditions sociales et à tirer de son sol des produits qui puissent lutter, autant au point de vue du prix que de leur usage, avec ceux de la concurrence étrangère.

La conséquence de cette transformation complète du genre d'existence de la population fut que le prix des choses les plus indispensables à l'humanité augmenta considérablement (et atteignit depuis cette époque une valeur à peu près décuple), et en même temps aussi, le prix des salaires. L'État, en prenant la peine d'introduire et d'acclimater la civilisation européenne, a imposé un fardeau énorme, que devra naturellement porter le peuple. Aussi, a-t-il promulgué une nouvelle loi qui établissait ce qu'on appelle une contribution indirecte, tout à fait inconnue jusqu'alors dans le pays, et transformait en une contribution en argent l'imposition la plus importante, qui existait depuis les temps les plus reculés : l'impôt foncier, considéré

autrefois comme un impôt naturel. Pourtant, on prit comme base, pour l'établissement de cet impôt, l'ancienne classification des terres, et comme bases de l'assiette d'une part, le prix d'achat du champ et, d'autre part, le produit probable de la récolte. La somme des impôts fonciers que le paysan supporte, s'élève à 2 $^1/_2$ p. 100 de la valeur de sa terre comme impôt d'État et environ 1 p. 100 de cette valeur, comme impôt de district : à cela s'ajoutent les impositions pour les écoles et pour les communes, ce qui porte le total annuel à environ 4 p. 100 par an.

Examinons les choses de plus près, avec les données statistiques en mains : la surface total du pays s'élève à 38 342 810 hectares ; la partie de cette surface appartenant à la partie de la population soumise aux impôts représente 12 603 518 hectares, soit 32 p. 100 de la surface totale.

Voici les chiffres fournis par la statistique officielle du Ministère de l'Intérieur en 1884 qui indiquent le bilan probable des impôts fonciers pour l'année 1882 :

NATURE DE LA CULTURE.	SURFACE en hectares.	VALEUR en francs.	PRIX de l'hectare en francs.	DROIT d'État en francs.	DROIT de district et communal en francs.	TOTAL des droits par hectare et en francs.
Forêts et prairies naturelles	7778809,4	132087040	20	4605199	2211314	0.90
Champs de riz	2609213,9	6097533185	2352	152960687	73375413	86.70
Champs secs	1861996,5	1338312680	719	34739627	16685378	22.50
Terrains salifères.	6225,9	8840790	1419	239007	100514	54,50
Cultures d'arbres et jardins	349002,4	695626775	2003	17068572	8141655	72.25
Totaux	12605248,1	8272400420		209613143	100514274	

Nous allons maintenant, d'après ces données, nous livrer à un calcul qui nous donnera une idée de la charge d'impôts qui pèse aujourd'hui sur le paysan japonais. Comme au Japon, ainsi que nous l'avons vu, on fait porter à un champ sec trois récoltes à la fois et sans interruption, la seule base que nous puissions adopter pour notre calcul est l'exploitation d'une culture de riz, parce que cette plante ne peut être cultivée avec d'autres.

La moyenne annuelle de la production en riz de tout le pays pendant les cinq dernières années (1878-1882) se chiffre à 5 664 442,2 hectolitres, soit 23^{hl},2 par hectare : si on multiplie ce nombre par le

prix moyen du riz (1878-1882) de 17 fr. 76 c. l'hectolitre, on trouve que le produit brut d'un hectare de champ de riz s'élève à 385 fr. L'impôt foncier que doit payer le paysan se monte pour un hectare en moyenne à 86 fr. 70 c., environ 22.5 p. 100 du produit brut, soit 3.93 p. 100 de la valeur de son champ.

Si nous retranchons cette somme de 86 fr. 70 c. du total du produit brut, il reste au paysan 298 fr. 30 c., c'est-à-dire 77.5 p. 100 du produit brut, qui représentent la main-d'œuvre, les engrais, les semences et son bénéfice.

En moyenne, pour la culture d'un champ de riz d'un hectare, on compte environ 200 à 210 jours de travail (200 jours par *Chô*), qui se paient à raison de 1 fr. 25 c. par jour : au total c'est une dépense de 250 à 260 fr. (250 fr. par *Chô*). La valeur de la récolte suffit donc bien juste à payer l'impôt et la main-d'œuvre, car il ne reste plus au paysan qu'un appoint d'environ 45 fr., somme tout à fait insuffisante pour parer à la dépense d'engrais, qui se monte à 75 fr. par hectare : de sorte qu'il est tout à fait impossible de parler d'un revenu du sol, oscillant entre 8 et 15 p. 100.

La répartition des impôts est en général encore très imparfaite : les marchands et les compagnons ont au plus 2 à 3 p. 100 de leur gain à payer comme droit ; le rentier, qui bénéficie du taux élevé pour avoir le plus de revenus en toutes circonstances, n'abandonne rien du tout de ces bénéfices au Trésor public, alors que le paysan, bien que notoirement on sache qu'il ne peut convertir son capital aussi vite que le marchand, est imposé pour plus du quart de son revenu. Comme excuse on fait encore pourtant valoir que l'État doit provisoirement retirer un revenu du paysan, qui autrefois ne possédait sa terre que par bail emphytéotique, parce qu'il en a maintenant la libre propriété. Quoi qu'il en soit, il faut que le fardeau des impôts qui repose presque tout entier sur le paysan, soit réformé et réparti également sur toutes les autres classes de la société, si l'on ne veut pas ruiner l'agriculture.

En dehors de cette question des impôts, la difficulté dans les rapports commerciaux fait un grand tort à l'agriculture japonaise, car tous les moyens de communication améliorés dans ces dernières an-

nées par l'installation de chemins de fer, de bureaux de poste, etc., rendent beaucoup plus de services aux commerçants qu'aux cultivateurs taillés à merci.

Avant toutes choses, pour faciliter les communications, il serait indispensable d'avoir au Japon des routes reliant l'intérieur du pays avec les côtes. Les chemins existants, à l'exception de quelques-uns, ne sont pas carrossables, si bien que le transport des marchandises de l'intérieur du pays se fait encore aujourd'hui, comme au temps primitif, à dos d'hommes, de chevaux et de bœufs. Ces difficultés de transport expliquent aussi la différence de prix de certains produits, dans les diverses régions. Par exemple, le prix d'un sac de sel (environ 50 litres) varie de 6 fr. 25 c. à 37 fr. 50 c. sans qu'aucune différence dans la qualité puisse expliquer cet écart de prix.

Ces variations de prix d'un article de commerce, suivant la région, ne peuvent disparaître que quand la population peu intelligente, qui a été élevée dans les anciennes conditions sociales, sera habituée à la possibilité d'un commerce nouveau plus libre et surtout quand on aura pratiqué de meilleures routes. Lorsque ces routes seront faites, il sera possible de décider le cultivateur à employer des voitures et des bêtes de trait et de renoncer à l'antique moyen de transport, relativement cher, à dos d'homme ou de bêtes de somme.

Si, maintenant, nous nous demandons quels changements et quel développement subira l'agriculture, quand les difficultés de la profession que nous avons énumérées seront aplanies, l'exposé qui suit pourra nous éclairer sur ce point.

Tandis qu'autrefois tous les efforts faits en vue de développer l'agriculture pour la prospérité du peuple japonais, avaient pour but exclusif d'accroître le rendement en produits agricoles qui trouvaient leur débouché sur les marchés indigènes, sans que souvent on tînt compte des frais de production, aujourd'hui l'agriculture doit se garder de se renforcer dans cette voie, car une augmentation aussi exclusive de la production aggraverait encore l'influence déjà sensible de la concurrence d'outre-mer.

Il faut donc que le cultivateur règle la nautre des produits de son exploitation, en se basant sur les exigences des marchés du monde entier, et qu'il tâche de diminuer le prix de revient, pour pouvoir

en même temps lutter contre la concurrence, au point de vue du prix et de la qualité.

Ce but ne sera atteint qu'au moment où les prairies naturelles laissées jusqu'ici à l'état sauvage, seront livrées à la culture, où les agriculteurs (au début, très peu nombreux), qui autrefois ne se préoccupaient aucunement des autres pays, s'apercevront du lien qui unit les lois naturelles et les lois économiques, en tant qu'elles exigent l'organisation d'une exploitation agricole rationnelle et, celle-ci une fois établie, l'utilisation simultanée des conditions de production et des circonstances du moment.

Les surfaces inutilisées, en partie à cause de l'impossibilité d'irriguer, en partie aussi par suite de l'éloignement des marchés et de l'inégalité du sol, n'ont produit jusqu'à présent aucune plante industrielle et ont acquis maintenant, avec les changements survenus dans la vie du peuple, les qualités indispensables à la productivité.

Les premiers champs, ceux où le manque d'eau n'avait pas permis la mise en culture, ont pu être utilisés pour la production de plantes industrielles, notamment de l'arbre à coton (bien entendu, pas dans la partie nord du Japon), le tabac, le colza, les plantes textiles, le thé, le mûrier, etc., et aussi pour la culture des céréales, blé, orge, etc., qui sont admirablement à leur place, étant donnés le sol et le climat : ces conditions offrent donc une garantie certaine pour une élévation progressive de la production. La mise en culture d'un pareil champ exige essentiellement l'application d'une quantité suffisante d'engrais, et comme la source d'engrais naturel n'existe plus, par suite de l'utilisation des prairies, on ne peut plus avoir recours qu'à l'engrais animal ; à ce point de vue encore, il est démontré d'une façon évidente, que l'on doit consacrer à l'élevage du bétail et par conséquent à la culture des plantes fourragères, une large place dans l'exploitation agricole de l'avenir.

Si l'on objectait que le peuple japonais ne pourrait ni consommer ni payer une production considérable de céréales et de bétail, on combattrait cette assertion en montrant que la Chine, notre voisine, serait un très bon pays d'exportation et où la consommation est considérable.

Les grandes surfaces qui sont restées sans culture à cause de

l'éloignement des marchés et de l'inégalité du terrain, peuvent être utilisées comme pâturages pour le bétail, pour l'élevage des moutons, des bœufs et des chevaux, et aussi pour une plantation d'arbres et de buissons très importants au point de vue technique, tels que les arbres à laque et à cire, le mûrier à papier, etc. Sur un pareil sol, l'atmosphère chaude et humide et des pluies estivales abondantes provoquent une magnifique végétation de gazon qui atteint souvent la hauteur d'un homme, mais qui est malheureusement de mauvaise qualité, car les herbes et les roseaux à tiges dures et très riches en silice y prédominent.

C'est pourquoi, comme je l'ai expliqué plus haut, il faut détruire par le feu cette flore sauvage et semer de bonnes espèces. Il est donc essentiel qu'on importe une race de bétail conforme au but, propre au travail, quand même le prix d'achat en serait élevé, pour que le fourrage acquière la plus grande valeur possible et que sa production coûte moins cher.

Un autre facteur important, serait l'emploi de machines et d'outils perfectionnés, à la place des instruments primitifs dont l'usage exige tant de soins et de temps et augmentent beaucoup les frais. Il n'a pas été possible de réaliser l'achat de machines et d'outils coûteux jusqu'à présent, car la propriété est trop divisée. Cela pourrait pourtant se faire par syndicats d'agriculteurs, comme cela se pratique souvent en Allemagne, surtout dans les provinces du Rhin, où les petites exploitations sont nombreuses.

Le gouvernement a beaucoup fait pour pousser l'agriculture dans la bonne voie. Il a institué des établissements d'instruction agricole, analogues aux écoles supérieures (*Hochschule*) d'Allemagne, fait venir à grands frais des maîtres étrangers, créé les moyens d'enseignement nécessaires pour former des gens sensés, c'est-à-dire capables au double point de vue de la théorie et de la pratique. On a suppléé aux mauvais instruments par des machines et des outils perfectionnés, et importé des animaux de bonne race, pour améliorer et multiplier le bétail. Une grande étendue de terre fertile, qui était autrefois un pâturage pour les chevaux, a été transformée en une exploitation modèle, administrée par des étrangers qu'on paie très cher.

Ces étrangers portent, bien entendu, peu d'intérêt réel au pays, leurs gens y ont peut-être un certain intérêt, mais il leur manque les connaissances nécessaires. Aussi cette exploitation modèle, installée avec de bonnes intentions, n'a qu'une influence très petite et même nulle sur les tendances invétérées de l'agriculture. Bien plus, comme les résultats de cette exploitation sont toujours plutôt mauvais que bons, le paysan se décourage de plus en plus au lieu de s'engager dans une voie meilleure, que lui indiquerait une expérience bien faite. En conséquence de cette situation, le gouvernement a décidé de mettre fin à cette exploitation et de consacrer les prairies à l'élevage des chevaux du haras impérial.

Il est sincèrement regrettable que l'idée excellente et les efforts du gouvernement n'aient trouvé ni la direction, ni les moyens pratiques pour se réaliser. Liebscher signale ce fait comme un résultat de ses observations.

« L'agriculture étant la source la plus importante de profit pour l'État, les autorités constituées lui ont toujours porté le plus grand intérêt; il existe dans le bureau de chaque *Ken* (district) une division spécialement consacrée aux questions agricoles, qui comprend, comme toutes les administrations japonaises, une légion d'employés et d'écrivains. C'est dans ces bureaux que l'on dirige souvent des industries agricoles modèles organisées à la façon européenne, par exemple le dévidage de la soie, les filatures et les tissages. De plus, chaque gouverneur fut invité par le gouvernement de *Tokio* à établir un musée, dans lequel le public peut entrer gratuitement pour jeter un coup d'œil sur les collections de semences et autres, et avoir un aperçu de la production du pays. Ces musées ont été dotés par *Tokio* de la plupart des instruments agricoles européens, de tableaux pour l'enseignement de l'agriculture, par exemple la représentation de l'histoire du développement des vers à soie et des abeilles ; des travaux et des instruments concernant la viticulture, la culture du houblon, l'élevage du bétail, etc., et il est rare qu'il n'y ait pas aussi une collection des produits industriels des différentes parties du pays, de modèles, et d'échantillons de sols et de minéraux.

« Parmi les portraits, on retrouve aussi quelques spécialistes connus en Allemagne et des tableaux représentant des paysans alle-

mands extrêmement curieux, à cause des légendes en caractères japonais (*runiques*) qui les entourent, et qui servent à expliquer à leurs collègues du Japon le but et le mode du travail représenté.

« En général, on ne peut pas nier que ces musées offrent aux agriculteurs un moyen utile de démonstration destiné à amener le progrès.

« On peut en dire autant de l'organisation, imposée par ordonnance ministérielle à chaque gouvernement, d'un champ d'expériences sur lequel, pour l'enseignement du paysan, on devra pratiquer la culture de plantes récemment importées, et employer les outils et les méthodes de culture européennes ou américaines. L'utilité qu'auraient pour l'agriculture japonaise de pareils champs, tombe sous le sens : mais, dans la rapide visite que je fis, je fus très étonné de constater que, pour la plupart des cas, les paysans désiraient en tirer un profit, mais que cela était impossible à cause de l'insouciance et de l'ignorance des employés. Ces gens ne s'intéressent pas le moins du monde à la tâche qu'on leur a confiée, de sorte que les collections sont toutes confondues pêle-mêle et rapidement détériorées.

« Nous y avons toujours vu, dans les musées, des charrues achetées en Amérique et en Europe, ou construites dans les fabriques du royaume à *Tokio* et à *Sapporo* et aussi d'autres instruments agricoles, enveloppés proprement dans du papier, tandis que les champs d'expériences voisins sont cultivés avec des outils japonais et servent à la culture des légumes pour les employés et les expérimentateurs : ce serait perdre nos paroles que d'en parler plus longuement. Si excellente que fût l'idée qui poussait l'État à faire de telles installations, si grand le profit que les cultivateurs pouvaient en tirer, si la direction eût été bonne, la seule conclusion à laquelle le paysan japonais puisse arriver pour le moment est que son ancienne façon d'administrer sa culture à la mode japonaise, est beaucoup meilleure que le mode de culture moderne ou tout au moins que celui appliqué, sous ce nom, dans les champs d'expériences de l'État. »

Malheureusement il n'y a pas encore au Japon d'hommes capables, ayant reçu une instruction pratique et méthodique, qui prennent en main la chose et apportent des améliorations dans toutes les branches de l'agriculture.

Ceux qui se sont appliqués à augmenter leurs connaissances en matière professionnelle dans les écoles supérieures, n'arrivent jamais à acquérir un degré de science suffisant pour utiliser avec fruit ce qu'ils ont appris dans la pratique. La cause principale de ce fait est que dans ces écoles, l'enseignement est donné entièrement par des étrangers, dont la langue reste incompréhensible à la plupart de ces jeunes gens n'ayant appris que le travail pratique et n'est comprise que de ceux qui ont vécu à l'étranger ou qui, s'abstenant absolument de tous travaux pratiques, ont assez travaillé la langue étrangère pour comprendre les leçons. Déjà, pour remédier à ce mauvais état de choses, et arriver à une connaissance approfondie et scientifique des conditions d'exploitation de l'agriculture japonaise, il paraît indispensable aujourd'hui de former dans le domaine agricole du Japon des gens instruits à la fois au point de vue théorique et pratique, qui soient en état d'appliquer avec une intelligence réelle les résultats de la science aux conditions spéciales du Japon et à la petite culture, en luttant contre la routine tenace et donnant un exemple à l'abri de toute critique.

Mais il se passera encore de longues années, avant que l'agriculture japonaise ne se transforme, en remplaçant par des exploitations de quelque dimension le morcellement si fortement entré dans les habitudes du pays depuis des siècles.

Enfin, le moment est venu où une éducation scientifique plus approfondie que celle des écoles supérieures d'agriculture, est utile et nécessaire à l'agriculteur pratique, alors qu'aujourd'hui les élèves de ces écoles, à cause du manque d'emploi dans la culture proprement dite, se tournent tous vers les spécialités et les sciences appliquées qui peuvent leur assurer les moyens de vivre, comme la chimie agricole, l'art vétérinaire, etc.

Dans l'état actuel des choses, il est hors de doute que la petite culture retirerait un très grand profit, si le gouvernement voulait se décider à n'employer les efforts qu'il fait et qui méritent une grande reconnaissance de la part des indigènes, non pas seulement à développer les grandes écoles, mais encore à créer des écoles primaires et secondaires, où un enseignement pratique et théorique à la fois serait donné, dans des établissements plus nombreux, aux fils des

paysans, munis déjà des connaissances acquises aux écoles populaires, qui y recevraient une instruction adaptée à leurs besoins. De tels champs de démonstration ou de pareilles écoles secondaires professionnelles pourraient, comme cela existe en Allemagne, soit être la propriété de l'État, soit celle de particuliers, contrôlées par l'autorité et subventionnées, en tous cas, avec un plan d'étude déterminé et une organisation établie sur des bases scientifiques, mais restreinte d'une façon sensée.

Il est incontestable que la création d'un tel enseignement sera un gros sacrifice d'argent pour l'État ; mais pourtant on doit avoir la conviction que ce sera un bienfait beaucoup plus grand que le haut enseignement actuel qui ne réunit pas les conditions convenables pour le peuple.

C'est seulement lorsqu'on aura une fois atteint le but d'avoir formé un nombre assez grand de paysans instruits suffisamment pour leur tâche et habitués à réfléchir, pour que dans chaque commune rurale il y en ait au moins un qui agisse sur son petit cercle, pour montrer le chemin des réformes, qu'une amélioration évidente et réelle dans le bien-être national ne peut manquer de se produire.

RECHERCHES

SUR

LES ÉLÉMENTS AZOTÉS DES PLANTES

Par M. E. SCHULZE

DIRECTEUR DU LABORATOIRE AGRICOLE AU POLYTECHNICUM DE ZURICH

On sait qu'en outre des matières protéiques, les plantes renferment beaucoup d'autres composés azotés, parmi lesquels les alcaloïdes qui se distinguent par leur action sur l'organisme animal et quelques glucosides, dont l'azote est un des éléments. C'est aux recherches entreprises pour isoler le principe actif des plantes vénéneuses et médicinales, que nous devons surtout les connaissances acquises sur ces substances. Mais, bien qu'on ait peu à peu extrait des différents végétaux un grand nombre de principes azotés, il y a peu de temps encore qu'on ne possédait qu'un petit nombre de notions sur les composés azotés, qui sont des produits constants de la transformation des substances protéiques dans les plantes et qui, par là, présentent un intérêt particulier pour la physiologie végétale. Voilà plus de dix ans que je m'attache à l'étude de ces matières et je veux, pour répondre au désir de l'honorable éditeur de ces *Annales*, donner ici un aperçu sommaire de ces recherches dont les principaux collaborateurs ont été MM. *A. Urich*, *J. Barbieri*, *E. Bosshard* et *E. Steiger*.

Un des principaux objets de mes recherches a porté sur la germination à l'abri de la lumière. La teneur des graines, avant la germination, en matières protéiques est considérable, mais leur teneur en

autres combinaisons azotées est extrêmement faible. Pendant la durée de la germination, une quantité considérable de la protéine des semences se détruit. Des recherches faites sur des plantes dans la période de la germination et la comparaison de leur composition avec celle des semences non germées, conduisent à une conclusion sur le mode de production des substances qui se forment au moment de la destruction des matières protéiques des organismes végétaux. Les graines sur lesquelles ont porté mes recherches étaient particulièrement riches en azote, telles que celles du lupin jaune (*Lupinus luteus*)[1] et le giraumon (*Cucurbita pepo*)[2] ; car il était à présumer que, dans ces graines, les produits azotés de décomposition de la protéine existaient en quantité relativement considérable et seraient par là même relativement faciles à isoler. Dans les germes de lupin, j'ai rencontré une proportion considérable d'asparagine, que *A. Beier* et *W. Pfeffer* avaient déjà signalée antérieurement ; et, au courant de ces recherches entreprises avec *W. Umlauf,* j'ai obtenu des germes dont la substance sèche, après quatorze jours de végétation à l'abri de la lumière, contenait jusqu'à 20 p. 100 d'asparagine. De plus, j'ai découvert, dans des lupins en germination, un acide amidé, inconnu jusqu'ici et que sa composition et ses propriétés doivent faire regarder comme de l'acide *phénylamido-propionique* $C^9H^{11}AzO^2$. Le même corps se forme, comme je l'ai montré avec *J. Barbieri*[3], en même temps que la *leucine* et la *tyrosine,* etc., lorsqu'on chauffe les matières azotées en présence de l'acide chlorhydrique. Cet acide amidé, qui se présente sous forme de beaux cristaux, forme avec le cuivre un composé très difficilement soluble dans l'eau et se comporte chimiquement tout à fait comme l'acide *phénylamido-propionique* ou *phénylanalanine* qu'*Erlenmeyer* et *Lipp*[4] ont préparé synthétiquement ; mais ses propriétés optiques

---

1. Les résultats concernant les germes de lupins ont été publiés dans les recueils suivants : *Journal für practische Chemie* [2], t. XXVII, p. 337 ; *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* t. XIV, p. 1785 ; *Zeitschrift für physiologische Chemie,* t. XI, p. 43 et 365 ; *Landw. Jahrbücher,* t. V, p. 821.

2. Voir le *Journal für practische Chemie* [2], t. XX, p. 385 ; t. XXXII, p. 433 ; *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* t. XI, p. 710 et 1233.

3. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* t. XVI, p. 1711.

4. *Liebigs Annalen der Chemie,* t. CCXIX, p. 194.

sont différentes et permettent de le désigner comme une modification optique active de la *phénylanalanine*.

De même que la *phénylanalanine*, le nouveau produit obtenu peut être transformé en *tyrosine*, en l'oxydant d'abord par l'acide nitrique, puis en réduisant le produit nitré par l'étain et l'acide chlorhydrique et en faisant agir sur l'*amido-phénylanalanine* qui a pris naissance dans cette réaction, un mélange en proportions convenables de nitrite de sodium et d'acide sulfurique étendu [1]. Oxydé par l'acide chromique, il donne de l'acide benzoïque. On ne peut déceler avec netteté la présence de la *leucine* et de la *tyrosine* dans les lupins germés, bien que ces substances y existent vraisemblablement en petite quantité. Il est possible, au contraire, d'en séparer l'acide *amido-valérianique*, $C^5H^{11}AzO^2$, qui cristallise en brillantes paillettes, présente beaucoup de ressemblance avec la *leucine* et s'en distingue, cependant, en ce que sa solution aqueuse, chauffée avec de l'acétate de cuivre, donne un précipité. Il se peut que ce corps ne soit autre chose que l'acide *amido-valérianique* que Schützenberger [2] a obtenu en décomposant par l'eau de baryte l'albumine.

Dans les cotylédons des germes de lupins, j'ai découvert une base très riche en azote, qui donne un précipité avec l'acide phospho-tungstique ; j'ai déterminé exactement la nature de cette base avec le concours de *E. Steiger* et je l'ai appelée *arginine*. Sa composition correspond à la formule $C^6H^{14}Az^4O^2$. Le nitrate, le chlorhydrate et le picrate de cette base cristallisent fort bien. La base elle-même, dont la solution dans l'eau présente une réaction nettement alcaline, n'a pu être jusqu'alors obtenue sous la forme cristalline ; mais elle forme avec les sels de cuivre de beaux composés cristallins. Elle est précipitée de sa dissolution dans l'eau, par le

---

1. Vraisemblablement, il existe une analogie entre cet acide *phénylamido-propionique* et la *tyroleucine*, obtenue par Schützenberger (*Ann. de ch. et de phys.*, 1879, t. XVI, p. 343-348) en décomposant les matières albuminoïdes par l'eau de baryte. Schutzenberger considère la *tyroleucine* comme une combinaison de l'acide *amido-valérianique* avec un corps dont la formule serait $C^9H^{11}AzO^2$. Cette opinion semble très juste et l'identité du dernier corps avec l'acide *phénylamido-propionique* paraît très probable.

2. *Ann. ch. et phys.* [5], t. XVI, p. 283.

nitrate de mercure ; ses autres propriétés sont celles de la *créatinine*, avec laquelle elle présente d'autres analogies. Peut-être y a-t-il un rapport entre elle et les matières semblables à la *créatinine*, que M. A. Gautier[1] a extraites des muscles des animaux.

L'arginine n'est pas le seul composé basique qui se retrouve dans les lupins en germination ; j'ai pu en extraire également de la *choline ;* de plus, ces mêmes germes renferment de l'*hypoxanthine* et d'autres corps analogues, que G. Salomon[2] a découverts et dont *J. Barbieri* et moi avons confirmé l'existence.

Outre les matières protéiques, on trouve aussi dans les germes des cucurbitacées, un nombre considérable d'autres substances azotées. L'*asparagine* n'apparaît d'ordinaire que dans les cotylédons de ces germes, tandis que dans les tiges et les racines, on trouve de la *glutamine*, $C^5 H^{10} Az^2 O^3$, isomère de l'*asparagine*. Quand j'ai découvert la présence de cet amide dans les cucurbitacées, j'ai constaté tout d'abord que les extraits obtenus, chauffés avec de l'acide chlorhydrique, donnent de l'acide *glutamique* $C^5 H^9 Az O^4$; plus tard, j'ai démontré qu'en traitant par de l'azotate mercurique le jus extrait des tiges et des racines, on précipite la *glutamine*. Ainsi que les recherches faites par *E. Bosshard* et moi l'ont montré, il est plus facile d'extraire cet amide du jus de la betterave (*Beta vulgaris*) : il cristallise, sans eau de cristallisation, en aiguilles fines et possède des propriétés analogues à celles de l'*asparagine*. Il se distingue, cependant, de celle-ci par une plus grande solubilité dans l'eau et aussi par ce fait que, si on le chauffe avec des acides ou des bases alcalines, il donne de l'acide *glutamique*, alors que, comme on le sait, l'asparagine, traitée de la même façon, produit de l'acide *aspartique*. Dans les germes des cucurbitacées, outre l'*asparagine* et la *glutamine*, on trouve encore de la *leucine* et de la *tyrosine ;* on n'est pas arrivé à isoler l'acide *phénylamido-propionique*, quoique vraisemblablement ces germes en renferment une petite quantité. Mais, dans ces mêmes germes, nous

1. A. Gautier, *Sur les Alcaloïdes dérivés de la destruction bactérienne ou physiologique des tissus animaux*. Paris, 1886.

2. *Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft in Berlin*. 1880-81, nos 2 et 3.

avons trouvé aussi des combinaisons basiques azotées ; aussi de l'*arginine*, de la *choline*, et des corps appartenant aux groupes de l'*hypoxanthine* et de la *xanthine*. Enfin, nous avons cherché à séparer de ces germes de cucurbitacées, une substance cristalline, riche en azote, que nous avons découverte autrefois dans de jeunes plantes de vesces (*Vicia sativa*) et que nous avons appelée *vernine;* nous publierons prochainement un travail sur cette matière.

En ce qui concerne le mode de formation des combinaisons azotées qu'on trouve dans ces germes, il paraît très admissible que les amides soient les produits de la décomposition des matières albuminoïdes contenues dans les graines. Ce fait est démontré pour l'asparagine, car celle-ci se trouve en si grande quantité dans les germes des lupins après une végétation de longue durée, qu'il est impossible qu'aucun autre élément azoté de la semence ait pu fournir les matériaux nécessaires pour la formation de l'*asparagine*. Cette explication, vraie pour l'*asparagine*, l'est aussi indubitablement pour la *glutamine*, son homologue, dont l'apparition dans quelques plantes en germination se manifeste souvent avant celle de l'*asparagine*. D'après cela, il est très admissible que la *leucine*, la *tyrosine* et les acides *phénylamido-propionique* et *amido-valérianique*, qui existent dans les germes, prennent naissance par suite de la décomposition de l'albumine, car, même en dehors de la vie organique, on les reproduit synthétiquement, en décomposant les matières albuminoïdes par les acides ou les bases.

L'hypoxanthine et les corps analogues peuvent se former, comme nous l'ont appris les recherches de A. *Kossel*[1], au moment de la décomposition de la *nucléine* qui existe dans toutes les plantes. Quant au mode de formation des autres combinaisons azotées qu'on a découvertes auparavant dans des germes, on ne peut jusqu'à présent dire rien de positif.

Une autre partie de notre travail a eu pour objet l'étude du développement de bourgeons à feuilles que nous avions séparés de la tige et plongés dans l'eau par leur partie inférieure. Borodin[2] ayant

1. *Zeitschrift für physiologische Chemie*, V, p. 267, et VI, p. 422.
2. *Botanische Zeitung*, 1878, p. 802.

démontré que les jeunes feuilles qui se forment dans ces conditions sont riches en asparagine, il m'intéressait beaucoup de tenter un essai pour savoir si, à côté de l'asparagine, d'autres amides ne prenaient pas naissance.

Le résultat des recherches que j'ai entreprises avec *J. Barbieri* et *E. Bosshard* m'amena à constater que, dans des feuilles du platane d'Orient (*Platanus orientalis*), de l'érable plane (*Acer platanoides*) et de l'érable champêtre (*Acer campestris*), mises en expérience dans les conditions de développement ci-dessus mentionnées, il se produisait, outre l'asparagine, de l'*allantoïne*, $C^4H^6Az^4O^3$, corps qui existe, comme on sait, dans l'urine des jeunes veaux pendant l'allaitement, qu'on obtient artificiellement quand on traite à chaud l'acide urique par le peroxyde de plomb et qui donne naissance à de l'urée sous l'action de l'acide iodhydrique à chaud. Aussi bien au point de vue de ses propriétés physiques qu'à celui de ses propriétés chimiques, l'*allantoïne* extraite des plantes qui ont servi aux recherches est en tous points semblable à celle qu'on trouve dans l'organisme animal ou qu'on prépare artificiellement. Les jeunes feuilles du platane oriental dont le développement s'est fait dans des conditions normales renferment aussi de l'*allantoïne,* mais seulement en petite quantité. Des recherches plus approfondies ont permis de déceler aussi l'*allantoïne* dans les écorces de quelques arbres, par exemple le marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum*) et l'érable plane (*Acer platanoides*).

Ensuite, avec la collaboration de *A. Urich, J. Barbieri, E. Eugster* et *E. Bosshar*[1], j'ai entrepris des recherches sur les racines de la betterave (*Beta vulgaris*) et les tubercules de pommes de terre (*Solanum tuberosum*) : nous avons trouvé que, si l'on chauffe le jus de la betterave en présence de l'acide chlorhydrique, l'acide glutamique se sépare et nous avons déduit de là que, au lieu d'asparagine que d'autres y avaient décelée, c'est de la *glutamine,* corps homo-

1. *Journal für practische Chemie* [2], t. XXV, p. 145 ; *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* t. XIII, p. 1602 ; *Zeitschrift für physiologische Chemie,* t. IX, p. 420.

2. *Landw. Versuchsstationen,* t. XXI, p. 63 ; t. XXIV, p. 167 ; t. XXVII, p. 357 ; t. XXVIII, p. 111 ; t. XX, p. 193 ; t. XXIX, p. 295.

logue de l'asparagine, que personne jusqu'alors n'avait isolée, qui existe dans le jus de la betterave. La justesse absolue de cette interprétation fut démontrée par nous dans la suite, lorsque nous avons obtenu une quantité considérable de glutamine en précipitant du jus de betterave au moyen d'azotate mercurique. J'ai déjà décrit plus haut les propriétés de la glutamine à propos des expériences faites sur les cucurbitacées en germination.

Nous avons trouvé également de l'asparagine dans le jus de la pomme de terre, où sa présence avait déjà été signalée autrefois par Ludwig et aussi de la *leucine* et de la *tyrosine*, mais en plus petites quantités. Enfin, nous avons constaté l'existence de l'*hypoxanthine* dans le jus de la pomme de terre.

Je me suis ensuite occupé, avec *E. Bosshard* et *E. Steiger*[1], de recherches faites avec de jeunes plantes fourragères à l'état vert. Ces plantes avaient été autrefois étudiées par *Kellner* qui y avait trouvé des composés azotés autres que les matières protéiques ; mais on n'avait aucune connaissance positive sur la nature de ces composés. Les plantes sur lesquelles ont porté nos recherches sont les vesces (*Vicia sativa*), le trèfle (*Trifolium pratense*), la luzerne (*Medicago sativa*), l'avoine (*Avena*) et le ray-grass (*Lolium*). Les vesces, le trèfle et la luzerne, c'est-à-dire celles de ces plantes fourragères qui appartiennent à la famille des papillonacées, renferment une quantité assez considérable d'asparagine qu'on retire facilement de l'extrait à l'état de pureté. On a trouvé aussi d'autres substances du groupe de l'*hypoxanthine* et de la *xanthine*, et la constatation certaine de la présence de la *guanine* rend très vraisemblable l'existence simultanée de l'*hypoxanthine* elle-même. On n'a pas pu obtenir avec les graminées (avoine et ray-grass) d'asparagine, bien que peut-être celle-ci y existe en petites quantités.

Dans les vesces et dans le trèfle, nous avons découvert un corps très riche en azote, celui auquel nous avons donné le nom de *vernine,* qui existe aussi, comme nous l'avons mentionné précédemment, dans les cucurbitacées en germination et que nous avons retrouvée

1. *Landw. Versuchsstationen,* t. LXXXIII, p. 89 ; *Zeitschrift fur physiologische Chemie*, t. X, p. 80.

plus tard, en collaboration avec *A. de Planta*, dans le seigle et aussi dans le pollen du noisetier commun (*Corylus avellana*) et du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*). La vernine se précipite de la solution aqueuse à l'état amorphe, tant qu'elle n'a pas atteint un degré de pureté suffisant : mais en la reprenant par l'eau, elle cristallise en prismes minces, difficilement solubles dans l'eau froide, mais extrêmement solubles dans l'eau chaude. L'addition de nitrate d'argent dans cette solution produit un précipité gélatineux ; l'azotate mercurique et l'acide phospho-tungstique déterminent aussi une précipitation. La façon dont se comporte la dissolution aqueuse quand on la chauffe avec de l'acide chlorhydrique est remarquable ; le produit de la réaction est de la *guanine* mélangée à d'autres corps qui n'ont pas été isolés jusqu'ici. La composition de la vernine correspond à la formule $C^{16}H^{20}Az^{8}O^{8}$.

Sur le mode de formation des amides découverts dans les racines, les tubercules et les parties vertes des plantes, on ne peut encore rien dire de positif. On peut penser qu'ils sont le produit de la décomposition des matières albuminoïdes, mais il est possible aussi qu'ils prennent naissance comme produits intermédiaires, au moment de la formation synthétique de l'albumine, aux dépens des combinaisons inorganiques azotées et des matières organiques non azotées [1].

Maintenant que j'ai décrit les éléments azotés que nous avons découverts dans les plantes, je désire ajouter quelques mots sur les méthodes qui ont servi à leur extraction. Un certain nombre de ces substances azotées peuvent être extraites simplement par cristallisation, soit de la sève de la plante, soit de l'extrait obtenu en traitant par l'eau la plante sèche, mais à condition qu'il n'y ait qu'une faible proportion de ces matières ; par exemple, l'*asparagine*, l'*allantoïne* et la *tyrosine* rentrent dans cette catégorie. Un caractère précieux de l'asparagine est que, même dans un extrait impur et fortement coloré, elle se sépare, en général, en un dépôt de cristaux bien nets qu'une cristallisation nouvelle transforme en une substance absolument pure. J'ai pu, par exemple, extraire sans diffi-

1. Comparez les recherches de A. Emmerling, *Landw. Versuchsstationen*, t. XXXIV.

culté de la sève des germes de cucurbitacées et des tubercules des pommes de terre, la *tyrosine* par cristallisation ; de même, l'*allantoïne* cristallisait facilement dans les extraits obtenus en traitant par l'eau les jeunes pousses du *Platanus orientalis*.

Plusieurs autres de ces matières azotées, malgré leur peu de solubilité dans l'eau, ne peuvent être obtenues directement par cristallisation dans l'extrait ; ce sont la *glutamine*, la *leucine* et les acides *amido-valérianique* et *phénylamido-propionique*. Voici le meilleur procédé à suivre pour obtenir ces deux acides : on épuise à chaud les plantes desséchées avec de l'alcool à 90°[1], on concentre l'extrait par évaporation, on dissout dans l'eau le résidu et l'on purifie la dissolution au moyen d'acétate de plomb ; puis, après une filtration qui sépare le précipité d'acétate, on élimine de la liqueur filtrée l'excédent de plomb et l'on évapore au bain-marie jusqu'à ce que l'extrait ait acquis la consistance sirupeuse. Peu de temps après, les acides amidés se séparent généralement sous forme d'une masse cristalline confuse ou d'une masse amorphe. On filtre alors, on débarrasse les cristaux de l'eau mère en les comprimant fortement entre des feuilles de papier à filtre et on leur fait subir une nouvelle purification par une cristallisation dans de l'alcool additionné de quelques gouttes d'une solution d'ammoniaque.

Pour la séparation de ces éléments azotés des plantes, la précipitation par certains réactifs peut rendre de très grands services au chimiste : par exemple, l'emploi de l'azotate mercurique et de l'acide phospho-tungstique ; j'ai employé ces réactifs pour isoler par précipitation quelques-unes des combinaisons azotées dont j'ai parlé plus haut. L'azotate mercurique précipite l'*asparagine*, la *glutamine*, l'*allantoïne*, la *vernine*, l'*arginine*, l'*hypoxanthine*, la *xanthine* et la *guanine* ; la *tyrosine* se précipite aussi sous l'action de ce réactif, mais incomplètement. Voici la façon d'opérer, pour obtenir la séparation de ces corps avec le réactif indiqué : on épuise par l'eau les plantes fraîches ou sèches préalablement découpées en petits morceaux, on purifie l'extrait par de l'acétate de plomb en

1. Les acides amidés purs se dissolvent très difficilement dans l'alcool ; mais leur solubilité y est beaucoup plus grande quand ils sont impurs.

ayant soin de n'en mettre qu'un excès aussi petit que possible. Dans le liquide filtré, on verse une dissolution d'azotate mercurique pas trop acide ; on filtre à nouveau pour séparer le précipité produit qu'on lave à l'eau froide et qu'on répartit dans de l'eau où l'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré. La liqueur provenant de la filtration du sulfure de mercure est concentrée jusqu'à consistance sirupeuse au bain-marie, après avoir eu soin de la neutraliser par l'ammoniaque ; car, pendant l'évaporation, la dissolution reprend une réaction acide ; aussi était-il nécessaire d'ajouter de temps en temps un peu de carbonate d'ammoniaque dans la solution. Au cas où il y aurait de l'asparagine, la dissolution obtenue dans les conditions indiquées ne tarde pas à produire des cristaux d'asparagine ; non seulement dans le cas des germes de plantes, mais aussi de tubercules de pommes de terre, de jeunes feuilles d'arbres et de jeunes plantes fourragères, j'ai pu facilement extraire de l'*asparagine* par ce procédé. S'il y a de la *glutamine* au lieu d'*asparagine,* elle cristallise également dans cette dissolution, mais, à la vérité, pas avec autant de facilité que l'*asparagine ;* c'est seulement au jus des betteraves et aux germes des courges que nous avons appliqué ce procédé pour séparer la *glutamine.* L'*allantoïne* qui, en raison de sa moindre solubilité dans l'eau, se dépose par cristallisation en général avant l'*asparagine,* mais quelquefois aussi en mélange avec cette dernière, peut être déjà distinguée facilement de l'asparagine, parce que les cristaux, chauffés à 100° dans une étuve, restent brillants et transparents, tandis que ceux de l'*asparagine* perdent leur eau de cristallisation et par conséquent leur transparence à la suite d'un tel traitement. La grande différence dans la solubilité dans l'eau de ces deux corps permet, le plus souvent, de les séparer par cristallisation ; mais on peut encore employer le procédé suivant : on dissout le mélange des deux substances dans l'eau et on sature à chaud cette dissolution avec l'hydrate d'oxyde de cuivre ; par le refroidissement, la plus grande partie de l'*asparagine* se sépare sous forme d'une combinaison avec le cuivre ; on filtre, on enlève l'excès de cuivre par un courant d'hydrogène sulfuré et on concentre à un petit volume. Comme alors l'*allantoïne* n'est plus mélangée qu'en très faible proportion à l'*asparagine,* cette dernière est facile à purifier par des cristallisations successives.

Parmi les substances précipitables par l'azotate mercurique, il faut encore ranger la *vernine*, comme nous l'avons mentionné précédemment. De la dissolution obtenue par la décomposition du précipité mercuriel, la *vernine* se sépare à l'état amorphe, mais, si on reprend à nouveau par l'eau, on obtient des cristaux. Pour séparer l'*asparagine* coexistante, nous avons lavé le produit sous l'eau, ou sous l'alcool étendu et ensuite procédé à une nouvelle cristallisation. On peut aussi employer le nitrate d'argent pour séparer la *vernine* par précipitation. Quand la dissolution obtenue par la décomposition du précipité de mercure renferme de l'*hypoxanthine*, de la *guanine* et des substances du même groupe, ces corps sont séparables par la précipitation au moyen d'une liqueur ammoniacale de nitrate d'argent.

L'acide phospho-tungstique peut être employé pour isoler les combinaisons azotées basiques ; par exemple, nous nous en sommes servi pour extraire l'*arginine* des germes de lupins et de courges. Les extraits aqueux de ces germes ont été purifiés par l'acide tannique et le sucre et ensuite traités par l'acide phospho-tungstique. Puis, le précipité produit sous l'action du réactif a été jeté sur un filtre, lavé avec un peu d'eau froide et décomposé au moyen d'un lait de chaux. La dissolution, séparée par filtration du composé calcaire insoluble, a été neutralisée avec de l'acide azotique ou chlorhydrique et évaporée jusqu'à consistance sirupeuse ; au bout de peu de temps, nous avons obtenu des cristaux d'*arginine* nitrée ou chlorée.

Pour extraire la *choline* des germes des plantes, j'ai employé le procédé indiqué par *Briger,* qui consiste à précipiter la base dans son extrait alcoolique, par une dissolution dans l'alcool de perchlorure de mercure. Le précipité qui se forme et qui est une combinaison très difficilement soluble de chlorure de choline avec du chlorure de mercure, est filtré et traité aussitôt par de l'eau bouillante qui dissout ce composé. On élimine le mercure dans la solution par l'hydrogène sulfuré et on transforme la choline chlorée qui reste en une combinaison bien cristallisée avec les chlorures d'or et de platine.

Pour remplir le but auquel visent les recherches de la chimie

agricole, il serait important de pouvoir déterminer la proportion des combinaisons qui ne sont pas des matières protéiques et qui existent dans les plantes. Devant l'accomplissement d'un pareil travail se dressent des difficultés considérables. Il serait cependant possible de déterminer le partage de l'azote des végétaux entre les matières protéiques et les composés azotés non protéiques et d'estimer approximativent la proportion de quelques-uns de ces composés. Je serais entraîné trop loin si je voulais m'exprimer d'une façon détaillée sur ce sujet et je renvoie le lecteur à un mémoire que j'ai publié dans les *Landw. Versuchsstationen*, t. XXI, p. 124 à 144, et où j'ai cherché à exposer les moyens dont on dispose aujourd'hui pour atteindre le but en question.

Zurich, octobre 1887.

LES

TERRES NOIRES DE RUSSIE

LEUR ORIGINE, LEUR COMPOSITION ET LEURS PROPRIÉTÉS

D'APRÈS

Un ouvrage récent de M. P. KOSTITSCHEFF[1]

Des millions d'hectares de terres présentent en Russie des caractères spéciaux de fertilité qui ont depuis longtemps appelé sur elles l'attention des savants. Ces terres, connues sous le nom russe de *tschernozème* (terres noires), se distinguent tout d'abord par la couleur plus ou moins foncée qu'elles doivent aux matières organiques dont elles sont imprégnées et qui sont la cause de leur fertilité presque inépuisable. M. L. Grandeau, dans un travail magistral publié en 1872[2], a donné l'explication du rôle que jouent les matières organiques noires dans la fertilité de ces sols. Mais l'origine de ces matières noires est restée, jusque dans ces derniers temps, l'objet de discussions et d'hypothèses nombreuses. On peut se faire une idée de l'importance de cette question en remarquant qu'un sol contenant 10 p. 100 de matière noire renferme, sur une épaisseur d'un pied, plus de 500,000 kilogr. de matières organiques par hectare.

1. *Potschvi tschernozemskoï oblasti Rossii*. Saint-Pétersbourg, 1886.

2. Voir *Annales de la Station agronomique de l'Est*. In-8°. Berger-Levrault et Cie. 1878.

J'ai continué, depuis la publication de mon travail sur Uladowka, à m'occuper de l'étude des terres noires de Russie, dont je possède aujourd'hui un grand nombre d'analyses d'échantillons d'origines géologiques diverses. Je publierai prochainement dans ces *Annales* un travail sur la composition du tschernozème, dont le mémoire de M. Feltz discute les origines. L. G.

M. P. Kostitscheff, professeur à l'Institut forestier de Saint-Pétersbourg, a commencé la publication d'un ouvrage complet sur les terres noires. La première partie, qui vient de paraître, est consacrée presque entièrement à la question de leur origine. Je me propose ici de rendre compte de ce travail.

Voici comment M. Kostitscheff résume les qualités distinctives des terres noires :

1. — Les terres noires se distinguent par les quantités considérables de matières organiques qu'elles renferment et qui donnent naissance à leur couleur foncée.

On ne rencontre pas cette richesse en matières organiques dans d'autres sols voisins de terres noires et soumis en apparence aux mêmes influences que celles-ci.

2. — Les matières organiques ne sont pas uniformément réparties dans les diverses couches du tschernozème ; elles diminuent graduellement de haut en bas et il est impossible d'établir une limite tranchée entre les couches franchement noires et les couches à peine teintées.

3. — Les matières noires du tschernozème sont amorphes. Leur examen microscopique permet seulement d'affirmer qu'elles sont d'origine végétale sans qu'il soit possible de spécifier de quelles espèces végétales elles proviennent.

4. — Le tschernozème ne présente pas de couches sédimentaires et l'on ne peut attribuer sa formation à des dépôts par l'eau. C'est du reste ce que prouve aussi la diminution graduelle de la richesse en humus de haut en bas.

De ce qui précède on conclut que :

5. — Le tschernozème s'est formé sur place par la décomposition de plantes semblables à celles qui croissent encore aujourd'hui sur le tschernozème et dans des conditions analogues à celles qui règnent actuellement.

Ce sont là des faits positifs, généralement admis par tous les savants qui se sont occupés des terres noires. Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de la distribution géographique du tschernozème et de sa richesse variable en matières organiques. Les opinions les plus diverses ont été soutenues pour expliquer les accumulations de

matières organiques dans les sols en général et surtout dans les terres noires. Nous ne suivrons pas M. Kostitscheff dans l'exposé qu'il fait de toutes ces hypothèses, nous bornant à résumer sa propre théorie.

M. Kostitscheff part de l'idée suivante : sur toute parcelle de tschernozème il se produit chaque année une certaine quantité de matières organiques sous forme d'organes végétaux souterrains et aériens. En même temps, sur cette parcelle de tschernozème, il se produit une transformation de matières organiques en matières minérales sous l'effet de la décomposition connue sous le nom de putréfaction.

Il est clair qu'il ne peut y avoir enrichissement du sol en matières organiques que si la décomposition des matières végétales est moins rapide que leur production par la végétation. Dès qu'il se décompose annuellement autant de matières végétales qu'il s'en produit, il ne peut plus se former de terre noire.

La science nous fournit, en nombre suffisant, des données pour évaluer les quantités de matières organiques que peut produire un hectare de terre dans les conditions déterminées. Il n'en est plus de même lorsque nous cherchons à évaluer les quantités de matières organiques décomposées par la même surface du sol. Nous connaissons beaucoup de processus de transformation de composés organiques complexes en combinaisons plus simples, mais jamais nous n'observons, dans ces cas, la formation de composés organiques de couleur brune ou noire. M. Kostitscheff s'est appliqué tout d'abord à déterminer expérimentalement les conditions qui influent sur la rapidité de la décomposition des matières végétales.

Le chapitre I de son ouvrage est consacré aux expériences sur la décomposition des matières végétales. Il passe d'abord en revue et discute les expériences de Moeller, de Wolny, de Fédore et de Petersen.

Les expériences faites, sous la direction de M. Kostitscheff, dans le laboratoire de l'Institut forestier ont porté sur des matières végétales fraîches et sur des matières déjà en voie de décomposition. On a pris, comme mesure de la rapidité de la décomposition, la quantité d'acide carbonique dégagée. Les substances fraîches étaient préala-

blement séchées, puis réduites en poudre aussi fine que possible. Les essais se faisaient dans des tubes de verre dont le fond était rempli d'ouate de verre sur laquelle on plaçait la matière à étudier, soit à l'état sec, soit préalablement mouillée. La matière était ensuite recouverte d'une couche d'ouate. L'air circulait dans les tubes de bas en haut et traversait préalablement des tubes contenant de la potasse caustique ou des solutions de potasse. On s'arrangeait toujours de façon à ce que l'appareil à solution de potasse se trouvât dans les mêmes conditions de température que le tube à essai. De cette manière l'air était saturé d'humidité et ne pouvait dessécher la substance en décomposition.

Au sortir du tube d'essai, l'air traversait un vase à acide sulfurique, dans lequel il abandonnait la majeure partie de son humidité ; il achevait de se dessécher dans un tube à chlorure de calcium. L'acide carbonique produit est absorbé par deux tubes de Marchand contenant, dans leur partie antérieure, de la chaux sodée et, dans la seconde partie, du chlorure de calcium. Le système était complété par un tube témoin renfermant aussi de la chaux sodée et du chlorure de calcium. Les aspirateurs, de la contenance de 60 litres, disposés de façon à fonctionner comme des flacons de Mariotte, laissaient échapper de 450 à 500 centimètres cubes d'eau par heure.

La première série d'expériences a été faite avec des feuilles de bouleau fraîches, c'est-à-dire n'ayant pas encore subi de commencement de décomposition. Voici comme exemple le tableau résumant les observations relatives à cette première série. Les autres sont analogues :

TEMPÉRATURE.			HUMIDITÉ P. 100. 78.9	64.1	38.7	11.7	3.6
1) 0° à 5°	1er jour	CO^2 en dixièmes de milligr. pour 100 gr. de matière sèche	1907	2138	2119	40	0
	2e jour.		2026	2112	2208	46	0
	3e jour.		1914	2020	2432	43	0
		Moyennes.	1950	2088	2254	43	0
2) 17°	1er jour	CO^2 en dixièmes de milligr. pour 100 gr. de matière sèche	4554	4349	5369	16	0
	2e jour.		2934	2713	4343	30	0
	3e jour.		3864	3270	5841	23	0
		Moyennes.	3785	3445	5184	23	0

TEMPÉRATURE.			HUMIDITÉ P. 100. 78.8	64.1	38.7	11.7	3.6
3) 35°	1er jour	CO^2 en dixièmes de milligr. pour 100 gr. de matière sèche	20371	22093	20506	231	0
	2e jour.		15097	16728	16837	122	0
	3e jour.		11755	13157	12375	66	0
	4e jour.		10124	9678	10045	82	0
		Moyennes	14913	15441	15022	122	0
4) 50°	1er jour	CO^2 en dixièmes de milligr. pour 100 gr. de matière sèche	3993	4435	4749	337	56
	2e jour.		5643	3907	3274	544	76
	3e jour.		5923	8141	8613	257	40
		Moyennes	5188	5494	5544	379	59
5) 65°	1er jour	CO^2 en dixièmes de milligr. pour 100 gr. de matière sèche	5818	5993	4755	726	109
	2e jour.		3399	3396	5122	634	112
	3e jour.		3598	3105	4273	808	144
	4e jour.		2468	3300	2379	459	79
		Moyennes	3821	3957	4132	657	102

Une deuxième série d'essais, faits sur du foin frais, a donné des résultats analogues.

M. Kostitscheff tire de ces deux séries les conclusions suivantes:

1° La décomposition des matières végétales commence à des températures basses, dans le voisinage de zéro, et lorsque l'humidité est suffisante, la décomposition est assez rapide. Lorsque l'humidité varie entre 40 et 50 p. 100, la quantité d'acide carbonique qui se dégage en un jour atteint parfois jusqu'à 2 p. 100 de la quantité totale d'acide carbonique que peut produire la matière en décomposition.

2° La décomposition augmente rapidement avec la température; celle de 35° à 37° paraît la plus favorable. Au-dessus, la décomposition devient plus faible.

3° Lorsque les matières végétales ne conservent comme humidité que leur eau hycroscopique (11,7 p. 100 pour les feuilles de bouleau et 10,9 pour le foin), elles se décomposent fort lentement. Dans ces conditions, la température n'exerce pas une influence notable. Cependant lorsque la température s'élève jusqu'à 50 et même 65°, on remarque une légère augmentation dans la décomposition.

4° Lorsqu'on opère sur des substances desséchées plus complètement (sur des feuilles contenant, par exemple, 3,6 p. 100 d'eau) et

qu'on les fait traverser par un courant d'air préalablement desséché sur des morceaux de potasse caustique, la décomposition ne commence qu'au-dessus de 50° et reste toujours faible.

Les aiguilles de pin ont donné à peu près les mêmes résultats que les feuilles de bouleau et le foin, avec la seule différence que le maximum d'activité de la décomposition s'est produit vers 48° de température au lieu de 35°.

Plusieurs séries d'essais ont été faites avec des matières déjà en voie de décomposition depuis un temps plus ou moins long. Ces substances avaient été abandonnées à la décomposition dans de grandes capsules couvertes seulement d'une feuille de papier pour les préserver de la poussière. Les expériences ont été faites avec des feuilles de bouleau en décomposition depuis 8 mois, avec des feuilles en décomposition depuis un an, avec du foin se décomposant depuis 1 an et 37 jours et avec des aiguilles de pin en décomposition depuis 1 an et 23 jours.

On a obtenu des résultats tout à fait analogues à ceux qu'ont donnés les substances fraîches, avec cette seule différence que le maximum d'accélération de la décomposition s'observe vers 50° ou 60°.

M. Kostitschef a cherché à déterminer par des expériences directes le poids de substance organique qui disparaît pendant la décomposition. Il a opéré sur des feuilles de bouleau et sur du foin; ces substances étaient placées dans de grandes capsules recouvertes de papier. On les maintenait à un degré d'humidité convenable, à la température ordinaire. Trois capsules contenaient du foin et trois autres des feuilles de bouleau; on a déterminé les quantités de substance sèche restant au bout de 6 mois, au bout d'un an et au bout de 18 mois.

De 200 grammes de matière sèche il est resté :

	FOIN.	FEUILLES de bouleau.
	Grammes.	Grammes.
Après 6 mois.	119,3	124,7
Après 12 mois	70,8	75,5
Après 18 mois	43,0	47,6

En calculant la perte de substance pendant chaque période, en

pour-cent de la matière existant au commencement de la période, on obtient :

	FOIN.	FEUILLES de bouleau.
	P. 100.	P. 100.
Dans les premiers 6 mois, 200 gr. ont perdu.	40.35	37.65
Dans les autres 6 mois, $119^{gr},3$ de foin ont perdu $48^{gr},5$, ou.	40.74	
De même les 124 gr. de feuilles ont perdu $49^{gr},2$ dans ces seconds 6 mois, ou.		39.45
Les $70^{gr},8$ de foin restants ont perdu $27^{gr},2$ dans les derniers 6 mois, ou.	39.26	
Les $75^{gr},5$ de feuilles restants ont perdu $27^{gr},9$ ou		37.0

En résumé, si l'on désigne par A la quantité initiale de matière sèche et par a la fraction qui reste non décomposée après une période déterminée, il restera après la première période Aa, après la deuxième Aa^2, après la troisième Aa^3 et ainsi de suite. De sorte que l'on peut dire qu'une substance organique en décomposition ne disparaît jamais complètement.

Deux expériences comparatives ont été faites dans les tubes d'essai, l'une avec du foin en décomposition depuis trois ans, l'autre avec un échantillon de terre noire contenant 10.885 p. 100 de matières organiques. On a opéré sur $56^{gr},70$ de foin et sur 50 grammes de terre noire contenant, comme le foin, $50^{gr},44$ de substance sèche. Le dégagement de CO^2 a été de 1975 dixièmes de milligramme pour la terre noire par jour, pendant 6 jours, et de 2156 dix-milligrammes pour le foin. Ces deux expériences confirment ce fait important, qu'une matière déjà en décomposition depuis fort longtemps se décompose absolument comme une matière fraîche ou comme une matière en décomposition depuis un petit nombre d'annés. Il est clair qu'il n'est question ici que de décomposition en présence de l'air.

M. Kostitscheff relate encore trois autres séries d'expériences faites dans différentes conditions avec des feuilles de bouleau fraîches et des feuilles déjà en décomposition. Nous ne citerons que les conclusions qu'il en a tirées.

1° Pour des substances organiques *complètement desséchées* à l'air, la décomposition ne s'arrête pas complètement, mais se ralentit beaucoup.

2° A des *températures voisines de zéro*, la décomposition peut se produire avec une grande rapidité lorsque les substances sont suffisamment humides.

3° Une *température de 100°* non seulement n'arrête pas la décomposition, mais l'active au contraire beaucoup.

Le chapitre II est consacré à l'étude de l'influence que peut exercer sur la décomposition des matières organiques, leur mélange avec différentes matières minérales. Contrairement à l'opinion établie par les expériences de Petersen, M. Kostitscheff prouve, par ses propres expériences que le mélange de carbonate de chaux n'active pas la décomposition des matières organiques, en présence de l'air. Le mélange avec du sable ou de la terre glaise ne produit aucun effet non plus [1].

Le chapitre III est consacré à la détermination des quantités de matières organiques qui peuvent se décomposer en 24 heures sur un hectare de terre. C'est Corenwinder qui, le premier, a sérieusement étudié cette question. Pour trois terres argileuses il a trouvé, dans des conditions différentes, qu'il se décomposait 47 kilogr., 32^{kg},9 et 150 kilogr de matières organiques par hectare et par 24 heures [2].

Peters a fait des expériences plus complètes. Il a déterminé à la fois combien il s'est produit de matières organiques par une végétation de trois mois et combien il a disparu de matières organiques du sol pendant ces mêmes trois mois. Ces expériences ont mis en évidence ce fait remarquable, que lorsque la terre est suffisamment humide et la température assez élevée, la décomposition des matières organiques du sol peut être assez active pour qu'il disparaisse plus de matières organiques qu'il ne s'en produit par la végétation. Peters a soigneusement pesé les racines et les parties aériennes ; il avait semé un mélange de diverses herbes et obtenu une végétation touffue. A la température ordinaire de l'été, à Tharand, où ont été exécu-

1. L'action indispensable des microbes pour que la décomposition s'effectue activement est tout à fait en accord avec cette observation. L. G.

2. Les chiffres donnés par Corenwinder sont trop élevés s'il s'agit de cultures. La combustion dans les sols non remués, en place ne paraît guère, d'après les expériences culturales de Boussingault, à Bechelbronn, donner plus de 6 mètres cubes d'acide carbonique par hectare et par 24 heures, ainsi que l'a fait remarquer M. Th. Schlœsing. L. G.

tées les expériences, l'accroissement par la végétation est plus grand que la déperdition par décomposition qui n'est alors que de 50 à 60 p. 100 de l'accroissement.

M. Kostitscheff a repris la question et a fait faire de nouvelles expériences dans son laboratoire, pour déterminer les quantités de matières organiques détruites par hectare et par 24 heures. Il a opéré sur deux terres noires dont l'une *a* contenait 10.022 p. 100 et l'autre *b* 10.105 p. 100 de matières organiques. Les terres étaient placées dans des verres profonds ayant une section de 89 à 90 centimètres carrés. Ces verres, posés sur des plaques de verre, étaient recouverts de cloches de verre parfaitement rôdées sur les plaques. Une couche de vaseline interceptait toute communication avec l'air extérieur. Chaque cloche portait à sa partie supérieure une tubulure par laquelle entraient deux tubes de verre destinés à l'entrée et à la sortie de l'air. Le tuyau d'arrivée se terminait un peu au-dessus de la surface de la terre par un coude horizontal, de façon à laisser échapper l'air sous forme d'un léger courant balayant la surface.

L'orifice du tuyau d'évacuation de l'air se trouvait un peu au-dessus des bords supérieurs du verre. L'acide carbonique était dosé comme à l'ordinaire et toutes les précautions étaient prises pour que l'air introduit n'en contînt pas.

Le tableau suivant résume les résultats de ces essais.

	NOMBRE DE KILOGR. de matière noire décomposée par hectare et par 24 heures.	
	Terre (a).	Terre (b).
I. Terres sous forme de petites mottes, humidité de 25 à 29 p. 100.		
A 8° de température	11.2	7.3
A 17° de température	23.3	27.6
De 25° à 27° de température	36.2	39.1
II. Mêmes terres, tassées de façon à n'occuper que la moitié de la hauteur, soit 8 centimètres au lieu de 16. Même humidité que dans I.		
A 17° de température	14.2	15.11
De 25° à 27° de température	26.6	33
III. Mêmes terres réduites en poudre fine. Même humidité que I et II.		
A 17° de température	11.5	17.5
De 25° à 27° de température	27.9	24.6

IV. Mêmes terres en petites mottes séchées à l'air jusqu'à ne contenir que 11 et 12 p. 100 d'humidité. Il n'y a aucune décomposition.

V. Expérience faite avec des tranches de gazon découpées sur un pré et retournées l'herbe en dessous :

	TRANCHES de 3 cent. d'épaisseur.			TRANCHES de 8 cent. d'épaisseur.
	Kilogr.			Kilogr.
A l'état humide	112	par 24 heures	et par hectare	92
La surface ayant été desséchée.	46	—	—	41
La surface de nouveau mouillée.	63	—	—	53

Ces expériences montrent quelles quantités considérables de matières organiques peuvent se décomposer dans le sol et surtout dans ses couches supérieures, lorsque certaines conditions de température et d'humidité se trouvent réunies. En calculant pour sept mois d'une température moyenne de 17°, on trouve qu'un hectare de terre peut décomposer ainsi jusqu'à 24 000 kilogr. de matière organique par 24 heures sur un couche de 1 pied de profondeur. Cette quantité dépasse de beaucoup la quantité de matière organique (substance sèche) produite par la végétation annuelle sur les steppes des terres noires.

Lorsque le sol est tout à fait desséché la décomposition s'arrête. Entre les limites d'humidité qui se présentent dans la nature, le phénomène varie d'intensité. Pour qu'il puisse y avoir accumulation de matières organiques dans le sol, il faut évidemment que la production annuelle dépasse la quantité annuellement détruite. Mais, même dans ce cas, l'accumulation n'est pas illimitée.

Si nous désignons par A la production végétale annuelle sur un hectare de terre et si nous admettons que la décomposition enlève chaque année la moitié de la matière végétale existant au commencement de cette année, nous trouverons que la quantité de matière organique ou la réserve organique sera en automne.

Après la 1re année. . A

Après la 2e année . . $A + A \times 0,5$

Après la 3e année . . $A + A \times 0,5 + A \times \overline{0,5}^{2}$

Après la 4e année . . $A + A \times 0,5 + A \times \overline{0,5}^{2} - A + \overline{0,5}^{(n-1)}$

La réserve de matière organique augmente chaque année, mais en même temps augmente aussi la quantité de matière détruite dans le

cours de l'année. L'accumulation s'arrêtera forcément lorsque la décomposition annuelle sera devenue égale à la production annuelle, c'est-à-dire lorsque $A + 0{,}5A + \overline{0{,}5}^{2} A + \text{—} \overline{0{,}5}^{n-1} A = A$.

En tirant n de cette équation, on trouve une valeur infinie; mais en prenant $n = 10$, la différence entre la somme des termes et A devient déjà petite, $A - \frac{A}{1024}$.

Si l'on admet que l'accroissement annuel par la végétation est de 3000 kilogr. par hectare, cette différence devient au bout de 10 ans ($n = 10$) de 3 kilogr. seulement et au bout de 20 ans de 3 grammes, et la décomposition peut alors être considérée comme égale à la production.

Si nous admettons maintenant que les conditions de température et d'humidité soient telles qu'il ne se décompose chaque année que la centième partie de la production, l'équation deviendra :

$$A + 0{,}99A + \overline{0{,}99}^{2} A + \text{——} \overline{0{,}99}^{n-1} A = A.$$

Au bout de 100 ans, la différence sera encore 0,366 A et au bout de 1000 ans, 0,00004 A.

Ce n'est qu'au bout de 1000 ans que l'accumulation cessera de se produire.

On peut de même se rendre compte *grosso modo* du nombre d'années qui a été nécessaire pour produire une terre noire de richesse déterminée en matières organiques. Supposons une terre noire à 10 p. 100 de matières organiques, soit 510000 kilogr. par hectare sur un pied de profondeur. Admettons deux cas, celui d'une production annuelle de 1500 kilogr. de matière organique (substance sèche) et celui d'une production de 375 kilogr. seulement. Un calcul facile montre que dans le premier cas, il a fallu 25000 ans pour amener une accumulation de 10 p. 100 et dans le second seulement 11400 ans. On admet pour cela qu'à l'époque actuelle l'accumulation a cessé, c'est-à-dire que la décomposition est devenue égale à la production, soit $\frac{1}{340}$ et $\frac{1}{1360}$ de la quantité totale.

M. Kostitscheff a soin de faire remarquer combien ces calculs sont

élastiques, basés, comme ils le sont, sur des conclusions tirées d'expériences peu nombreuses et de courte durée. Aussi ne leur faut-il demander que des aperçus plus ou moins exacts.

En réfléchissant aux considérations précédentes, on arrive à la conclusion qu'il n'est pas nécessaire qu'une terre soit bien fertile pour devenir noire. Ce n'est pas la quantité absolue de matière végétale produite chaque année qui joue le rôle principal dans l'accumulation ; celle-ci dépend surtout de la fraction de la réserve organique qui résiste chaque année à la décomposition. Un sol qui produirait 15000 kilogr. de matières organiques par an, mais qui en décomposerait les neuf dixièmes ne pourrait accumuler plus de 18000 kilogr. à l'hectare et l'accumulation s'arrêterait au bout de 4 ans. Un sol peu fertile, ne produisant que 375 kilogr. de matière organique par an, mais qui ne décomposerait qu'un millième de sa réserve organique par an, finirait par emmagasiner jusqu'à 375 000 kilogr. et deviendrait terre noire.

Dans le chapitre IV, M. Kostitscheff cherche à déterminer les causes premières de la production des matières noires.

Lorsqu'on abandonne à elles-mêmes des matières végétales pour les laisser se décomposer librement à l'air, on reconnaît bientôt que la décomposition ne commence pas toujours de la même manière. Tantôt ce sont des bactéries qui apparaissent d'abord et, dans ce cas, la matière se couvre d'une espèce de mucosité. D'autres fois on voit d'abord apparaître les cryptogames et la mucosité ne se produit pas. Les diverses parties d'un même fragment de substance végétale ne se décomposent pas toujours de la même manière. M. Kostitscheff a bien vite reconnu qu'il lui serait impossible d'étudier d'une façon complète l'action de chaque espèce de bactéries ; il s'est donc borné à observer les changements d'aspect et de couleur produit par les bactéries trouvées dans le sol et isolées par des cultures pures à l'aide de la méthode de Koch. Deux sortes de matières ont été soumises à l'action de ces bactéries : des matières végétales fraîches (fragments de navets, de raves, de carottes, feuilles fraîches de choux) et des matières préalablement soumises à une température élevée (grains de blé, pois, fèves, maïs, sarrasin). Dans tous ces essais, au nombre d'environ 150, les bactéries ont toujours donné des produits de

décomposition soit incolores, soit blancs ou jaunes ou même rouges, mais jamais bruns ou noirs.

M. Kostitscheff a fait aussi des cultures de mélanges de bactéries sur de la gélatine, introduisant ensuite le mélange dans les ballons d'essai. Il ne s'est pas produit non plus de matières brunes. Enfin, des cultures de bactéries, à l'abri du contact de l'air, ne conduisirent pas à un meilleur résultat au point de vue de la production des matières brunes. Des fermentations en présence du carbonate de chaux et du phosphate de chaux tribasique, ont aussi donné des résultats négatifs. On peut donc conclure que la production des matières organiques noires n'est pas due aux bactéries.

Pendant ces essais, il est arrivé que des spores de cryptogames sont tombés accidentellement dans les cultures de bactéries et ont donné lieu au développement de *mycéliums*. Presque toujours il se produisait autour des *mycéliums* une tache brun foncé. On a répété plusieurs fois cette expérience avec succès et l'on peut affirmer que si le développement des cryptogames n'est pas toujours accompagné de la production de combinaisons foncées en couleur, il n'y a, par contre, jamais production de composés foncés en l'absence des cryptogames.

M. Kostitscheff n'a pu poursuivre plus loin ses expériences dans ce sens, faute de temps. Il émet seulement l'opinion que ce sont les cryptogames qui jouent le principal rôle dans la production des matières noires. L'observation suivante vient à l'appui de cette opinion. En examinant les silos dans lesquels on conserve, pour l'alimentation du bétail, de grandes quantités de matières végétales, il a observé que les matières centrales restent blanches. Il se produit dans l'intérieur de la masse des fermentations lactique, butyrique et autres fermentations bactériques qui s'arrêtent au bout d'un certain temps, parce que les produits de ces fermentations s'accumulent et enrayent toute décomposition ultérieure. Les parties supérieures de ces silos, en contact direct avec l'air, se couvrent de cryptogames et prennent une couleur foncée.

La décomposition des matières organiques n'est pas exclusivement produite par les organismes inférieurs ; elle est quelquefois purement chimique.

Wolny a fait passer à travers une terre riche en matières organiques, un courant d'air chargé de vapeur de chloroforme; il a pu constater qu'il se produit ainsi beaucoup moins d'acide carbonique que lorsqu'on fait passer de l'air pur. La décomposition est plus lente parce que les organismes inférieurs sont paralysés par le chloroforme et que les actions chimiques sont les seules à se continuer.

M. Dehérain a fait une observation analogue en traitant du fumier de ferme par du chloroforme; il en a conclu qu'une partie de la décomposition est due à des actions chimiques. Il a cherché à confirmer cette conclusion à l'aide d'expériences spéciales qui ne paraissent pas avoir été concluantes. M. U. Gayon ne décrit pas les expériences qu'il a faites sur ce sujet et se borne à dire que ses expériences confirment celle de M. Dehérain.

Nous avons vu que dans les expériences de M. Kostitscheff la décomposition des substances organiques ne s'est pas arrêtée à des températures voisines de 100°; or, on peut admettre qu'à ces températures élevées les bactéries sont toutes détruites. M. Kostitscheff a institué une expérience spéciale pour décider la question.

Dans un ballon de 500 centimètres cubes de capacité, on a introduit des feuilles de bouleau entières, préalablement desséchées à l'air et ensuite mouillées dans le ballon. Celui-ci fut abandonné pendant quelques jours à lui-même, à la température ordinaire, de façon à laisser la décomposition se bien établir. Le ballon fut ensuite relié à un système assez complexe de ballons et de tubes convenablement stérilisés et disposés de façon à permettre l'arrivée dans le ballon contenant les feuilles, d'un courant d'air privé de tout germe. Un ballon témoin, contenant une solution de peptone dans du bouillon (solution très favorable au développement des organismes inférieurs) précédait le ballon d'essai et était traversé par le courant d'air avant l'entrée de celui-ci dans le ballon d'essai. Aucune trace d'altération ne parut dans ce ballon témoin, pendant la durée de l'expérience.

On commença par doser l'acide carbonique pendant trois jours en maintenant tout l'appareil à la température ordinaire. Il se dégagea ainsi, le premier jour, 473 dixièmes de milligramme, le deuxième jour 536 et le troisième jour 324.

Au bout de trois jours, l'appareil fut placé sur un bain-marie de

manière à faire chauffer le ballon avec les feuilles, le ballon avec la peptone et le ballon précédant celui-ci. Pendant le jour, on avait élevé la température jusqu'à 90° à 95°, en faisant plonger pendant un moment dans l'eau le ballon avec les feuilles ; ordinairement la température se maintenait entre 70° et 75°, température suffisante pour stériliser les matières organiques.

Les quantités d'acide carbonique dégagé furent trouvées :

	DIX-MILLIGRAMMES.
Le 4e jour	1345
Le 5e jour	3483
Le 6e jour	5130
Le 7e jour	3540
Le 8e jour	3870
Le 9e jour	4200

La température était maintenue entre 70° et 75° pendant le jour et l'appareil entier se refroidissait pendant la nuit. Le dixième jour, l'appareil fut enlevé du bain-marie et on continua encore à observer le dégagement de CO^2 à la température ambiante. On trouva ainsi :

	DIX-MILLIGRAMMES DE CO^2.
Le 10e jour	732
Le 11e jour	145
Le 12e jour	201
Le 13e jour	173
Le 14e jour	187
Le 15e jour	169

On voit que l'acide carbonique a continué à se dégager sous la seule influence des actions chimiques, toutes les précautions ayant été prises pour empêcher le développement des organismes inférieurs. Il est à remarquer cependant que, dans ce cas, la décomposition des matières organiques à la température ordinaire ne se fait que très lentement, en l'absence des bactéries et des cryptogames.

Dans toutes les expériences sur la décomposition des matières végétales abandonnées à l'air, on est frappé de ce fait que ces matières conservent en partie leur aspect et leur structure. Ainsi, du foin en décomposition depuis trois et quatre ans se reconnaît tou-

jours pour du foin. Il n'en est plus de même lorsque dans la matière en décomposition se développent des insectes ou autres petits êtres. Dans ce cas, on voit en très peu de jours toute la matière se transformer en une masse amorphe complètement semblable à la terre noire. Dans une capsule contenant 150 grammes de feuilles de bouleau en décomposition à l'air, on a remarqué un beau jour que les feuilles s'étaient transformées en une poudre noire uniforme dans laquelle on trouva une infinité de petites mouches du genre *Sciara*. Dans les autres capsules, les feuilles avaient gardé leur structure ; il suffit d'y transporter quelques-unes des mouches de la précédente capsule pour voir les feuilles se réduire aussi en poudre uniforme en peu de jours.

Les observations faites sur la terre noire ne confirment pas celles de Darwin sur l'action des vers de terre. D'après Darwin, les vers ramènent constamment à la surface les parties inférieures du sol ; s'il en était ainsi, les matières organiques devraient être uniformément distribuées dans le sol, ce qui n'est pas. Par contre, les vers et les insectes qui vivent dans les sols secs et bien aérés comme les terres noires, paraissent jouer un grand rôle en divisant à l'infini les végétaux en décomposition qu'ils transforment en substances amorphes. Il est à remarquer que dans les endroits humides, les matières végétales conservent toujours une apparence de structure, comme dans les tourbières.

Dans le chapitre V, M. Kostitcheff étudie spécialement les terres sous forêts.

On a depuis longtemps observé que les terres sous forêts ne contiennent jamais des quantités notables de matières noires. C'est ainsi que dans le voisinage de terres noires contenant de 8 à 10 p. 100 de matières organiques, on trouve des sols sous forêts à peine colorés sur une épaisseur de deux à trois pouces. Cette pauvreté en matières organiques des sols sous forêts a été diversement expliquée. M. Kostitscheff l'attribue à la rapidité de la décomposition des matières végétales sous l'influence des conditions spéciales d'humidité qui se rencontrent dans les forêts.

D'après les observations d'Ebermayer, la quantité de feuilles et de bois mort qui constitue ce que l'on appelle la couverture annuelle, serait d'environ 4100 kilogr. par hectare, dans une forêt de

hêtres. Au bout de trois ans, le poids de la couverture s'élève à 8160 kilogr. et au bout de six ans à 8470 kilogr. Enfin dans des parties de forêt où la couverture n'a pas été touchée pendant de longues années, son poids total s'est élevé à 10420 kilogr. par hectare, quantité égale environ à 2 fois et demie la production annuelle. Cela revient à dire qu'il se décompose annuellement 40 p. 100 de la réserve organique.

Admettons le poids de 4500 kilogr. comme poids moyen de la couverture annuelle pour les forêts en général, ce qui est exagéré ; supposons de plus que 10 p. 100 seulement de la réserve organique se décomposent annuellement. Dans ces conditions, la masse totale de la couverture peut finalement atteindre un poids de 45000 kilogr. à l'hectare. Cette quantité de matières organiques suffirait à peine pour enrichir de 1 p. 100 la couche supérieure du sol sur une épaisseur de un pied. On voit qu'on reste encore loin de la production de la terre noire, quoique l'on ait admis des conditions plus favorables que celles qui se présentent dans la réalité.

M. Kostitscheff a déterminé le poids de la couverture dans une forêt de 30 à 35 ans. Il a trouvé comme poids maximum 14100 kilogr., et comme poids moyen, 6270 kilogr. à l'hectare. Il fait remarquer que la couverture était en grande partie formée par des débris de bois mort et contenait relativement peu de feuilles. On pourrait ajouter aux feuilles tout le bois produit pendant une année, sans pour cela arriver à d'autres conclusions. Quelles que soient les quantités de matières organiques produites par la végétation forestière, jamais elles ne seront en quantité suffisante pour enrichir le sol en matières organiques assez pour produire de la terre noire.

Le chapitre VI est consacré à l'étude de l'influence qu'exerce le climat sur la production des terres noires.

D'après plusieurs savants et surtout d'après M. Dokoutschaeff, le climat joue le rôle principal dans la formation et la distribution géographique des terres noires. M. Dokoutschaeff, auteur d'un ouvrage très complet sur les terres noires, a même déterminé des lignes et des zones isohumiques analogues aux lignes isothermiques. M. Kostitscheff ne nie pas l'influence du climat sur la décomposition plus ou moins rapide des matières végétales, mais, se basant sur les con-

sidérations et observations exposées dans les chapitres précédents, il démontre que les conditions climatériques de la Russie sont telles, qu'en aucune région de ce pays il n'a pu et il ne peut se produire d'accumulation considérable de matières organiques provenant de matières végétales de la surface du sol.

Nous avons vu avec quelle rapidité se décomposent les végétaux, lorsque les conditions de chaleur et d'humidité favorables sont réunies. En admettant que cette décomposition n'a lieu que pendant les 50 jours de pluie annuellement observés, il se détruirait encore 1800 kilogr. de matières organiques (substance sèche) par hectare, quantité supérieure à la production annuelle moyenne sur un hectare de steppe. Mais la décomposition ne se borne pas aux jours de pluie ; chaque nuit, d'abondantes rosées couvrent les steppes et l'humidité qui en provient suffit pour entretenir la décomposition qui marche ainsi d'une façon presque ininterrompue pendant sept mois. Aussi, nulle part on ne découvre sur la surface de la steppe de traces de la végétation des années précédentes.

Si les matières végétales de la surface se décomposent avec une grande rapidité, il n'en est pas de même des racines ou parties végétales souterraines. Le terrain des steppes est en général très dense ; lorsque la couche supérieure est desséchée par les rayons du soleil, elle devient très dure et ne se laisse presque plus pénétrer par les eaux de pluie. Celles-ci coulent à la surface du sol, n'imbibant que les couches les plus superficielles. On sait que la densité de la terre noire est due principalement à l'extrême division de ses parties constituantes. Tant que ces terres ne sont pas labourées, elles ne s'imbibent d'eau que jusqu'à une faible profondeur. M. Ismaïlski a dosé au printemps l'eau contenue dans de la terre de steppe non cultivée. Il n'y a trouvé que 7 p. 100 d'eau, alors que la terre de steppe cultivée en contenait 20 p. 100, au même moment. Sous l'influence des journées chaudes, la terre de la steppe se dessèche de plus en plus et, comme les pluies de l'été ne la pénètrent pas, elle ne contient guère plus d'humidité que de la terre complètement desséchée à l'air. Or, nous avons vu que dans ces conditions toute décomposition s'arrête.

Les matières végétales souterraines, les racines, se trouvent donc

pendant la plus grande partie de l'année dans les conditions les plus défavorables à la décomposition. Les pluies et les rosées qui activent la décomposition des matières végétales de la surface du sol n'ont aucune action sur les racines. Celles-ci n'ont que quelques semaines au printemps et quelques semaines en automne pour se décomposer activement. Elles se trouvent donc dans les conditions voulues pour produire peu à peu une accumulation de matières organiques et par suite de la terre noire. Le climat n'est pas le facteur le plus important : les propriétés physiques du sol, sa densité, sa composition et surtout son relief, jouent le rôle principal.

Dans le chapitre VII, l'auteur étudie les raisons pour lesquelles les terres noires sont en général couvertes d'herbes et non de forêts. Celles-ci sont si rares dans les régions de terres noires qu'on a pensé que le climat des terres noires est défavorable à la végétation forestière. Nous verrons plus loin qu'il n'en est rien.

De l'extrémité sud-ouest de la Russie jusqu'aux parties septentrionales d'Orenbourg, nous observons, sur tous les terrains élevés et non labourés, une seule flore dont la stipe pennée (*Stipa pennata*) peut être considérée comme le représentant principal. La même flore s'étend jusqu'au Caucase. Il serait téméraire d'attribuer à une uniformité de climat cette uniformité de flore. La nature du sol et surtout ses propriétés physiques jouent un plus grand rôle ici que le climat. En effet, il suffit de labourer la steppe, c'est-à-dire d'ameublir son sol, pour voir aussitôt changer la flore. La *Stipa pennata,* en russe le *koril,* disparaît et l'on voit apparaître le chiendent (*Triticum repens*), le *Bromus inermis,* le *Legos* ou *Hierochloa borealis*. Cela ne veut pas dire que la stipe pennée préfère les terrains durs et secs ; cela prouve seulement qu'elle résiste mieux que les autres plantes, ses concurrentes, à la sécheresse des steppes non cultivées.

A côté de la *Stipa pennata*, on observe encore les *Stipa capillata*, *Festuca ovina*, *Kœleria cristata* et *Caragana frutescens*. Ces graminées se trouvent dans toutes les régions de steppes. Tantôt c'est la *Festuca ovina* qui domine, tantôt *Stipa pennata*. Lorsqu'on abandonne à elle-même une terre de steppe cultivée depuis plusieurs années, on voit reparaître de nouveau ces graminées au bout de quelques années. Les plantes des steppes de terre noire ne se rencontrent que

dans les endroits où la culture n'est pas encore parvenue (presque toujours sur les terrains en pente raide et non labourés). On a voulu considérer ces plantes comme spéciales aux terres noires. Or, jamais on ne les voit apparaître sur les terres noires humides et, par contre, elles prospèrent sur tous les sols secs, sur la marne ou la glaise, ainsi que sur des terrains calcaires contenant moins de 2 p. 100 d'humus.

Pourquoi les forêts sont-elles si rares dans la région des terres noires? Faut-il admettre avec certains auteurs qu'elles ne peuvent grandir dans ces régions à cause du manque d'humidité? Les forêts résistent au contraire mieux que les herbes aux grandes sécheresses. De nombreuses plantations de forêts ont été faites depuis une quarantaine d'années en pleine terre noire et leur vigoureuse végétation est là pour prouver que les terres noires sont très favorables aux forêts. On compte déjà des dizaines de milliers d'hectares de forêts plantées par les soins de l'administration forestière russe.

Si les forêts n'ont pas apparu jusqu'ici sur les terres noires et n'y apparaissent jamais spontanément, cela tient tout simplement à ce que les herbes de la steppe sont plus vigoureuses que les jeunes pousses d'arbres et étouffent celles-ci. Les jeunes arbres ne peuvent supporter la concurrence vitale que leur font les herbes. Mais partout où la main de l'homme protège les jeunes plants, les arbres prennent bien vite le dessus et ne cèdent alors plus jamais la place aux herbes de la steppe.

Dans le chapitre VIII, M. Kostitscheff examine la possibilité de l'infiltration des matières organiques de la surface pour expliquer la coloration des couches inférieures.

En 1876, après avoir lu les travaux bien connus de M. L. Grandeau sur les terres noires, M. Kostitscheff avait exprimé l'opinion que les matières organiques produites par la décomposition des matières végétales de la surface du sol, peuvent s'infiltrer dans les couches inférieures à l'état de solution dans les sels ammoniacaux. Cette opinion n'a pu résister à une étude approfondie de la question. M. Kostitscheff discute les nombreuses expériences publiées sur l'absorption et la décomposition par les couches supérieures du sol, de toutes les matières organiques en dissolution dans l'eau. Une couche de terre

de un millimètre d'épaisseur suffirait pour absorber les 10 ou 15 kilogr. d'ammoniaque qui tombent annuellement sur un hectare de terre, en dissolution dans l'eau de pluie. On ne peut donc admettre que cette ammoniaque puisse dissoudre les matières noires de la surface et les entraîner dans les couches inférieures.

De tout ce qui précède, on peut conclure que les matières organiques qui se décomposent à la surface du sol ne peuvent en aucun cas contribuer sérieusement à la production des terres noires. On est forcé de recourir aux parties souterraines, aux racines, pour trouver la cause de l'accumulation de matières organiques et de l'origine des terres noires. Lorsqu'on observe une tranchée dans la terre noire, on constate que les racines ne descendent pas au-dessous des couches de terre encore sensiblement teintées de noir et l'on voit diminuer avec la profondeur le nombre des racines ainsi que l'intensité de la coloration.

On doit à Hellriegel des expériences assez complètes sur la distribution des racines dans le sol. Quoique ces expériences n'aient pas été faites sur de la terre noire, les résultats obtenus ont un grand intérêt pour la solution de la question qui nous occupe.

En divisant le sol en couches d'épaisseur sensiblement égales et en déterminant le poids des racines contenues dans chacune de ces couches, Hellriegel a obtenu un certain nombre de données qu'il a groupées en tableau. En prenant pour 100 le poids des racines dans la couche supérieure, les quantités contenues dans les autres couches ont été :

	POUR le froment.	POUR l'avoine.	POUR la luzerne.
Couche n° 1.	100	100	100
— n° 2.	79.6	85.6	82.2
— n° 3.	34.5	30.2	37.4
— n° 4.	27.5	5.9	2.0
— n° 5.	22.7	0	0.7

M. Kostitscheff a établi un tableau semblable en égalant à 100 la quantité de matières organiques contenues dans 100 grammes de la couche supérieure de plusieurs terres noires. Les couches avaient

6 pouces d'épaisseur. Nous ne citerons que trois colonnes de ce tableau.

	1	2	3
Couche nº 1	100	100	100
— nº 2	89.1	63.9	80.3
— nº 3	66.9	48.3	70.0
— nº 4	47.3	35.0	58.4
— nº 5	47.3	26.0	38.2
— nº 6	34.6	18.1	33.0
— nº 7	23.9	6.3	16.2
— nº 8	14.4		
— nº 9	6.7		

Ces terres contenaient en réalité, sur 100 parties de terre, les quantités suivantes de matières noires, dans les diverses couches successives :

	1	2	3
	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Couche nº 1	5.418	8.112	9.636
— nº 2	4.830	5.192	7.706
— nº 3	3.620	3.920	6.714
— nº 4	2.561	2.842	5.605
— nº 5	2.587	2.112	3.565
— nº 6	1.876	1.467	3.175
— nº 7	1.294	0.513	1.555
— nº 8	0.778	0.703	
— nº 9	0.364		

Les expériences de M. Dehérain confirmeraient aussi l'hypothèse qui considère les racines comme les seuls facteurs de la production de la terre noire. Il résulterait en effet de ces expériences qu'une terre cultivée chaque année s'appauvrit en matières organiques, quelle que soit la quantité d'engrais qu'on lui donne, et cet appauvrissement ne s'arrête que quand on cesse de cultiver la terre et qu'on la transforme en prairie ou en herbage.

Dans les célèbres expériences de Rothamsted, on a observé que sur des prairies naturelles fumées exclusivement à l'aide de sels ammoniacaux, il se développe surtout des herbes à racines courtes. Au contraire, sur des prairies amendées à l'aide de nitrate, les herbes à racines longues prennent le dessus. En examinant le sol au

bout de quelques années de cette fumure exclusive, on a constaté que, sur la parcelle fumée avec les sels ammoniacaux, la couche supérieure du sol avait seule noirci, tandis que sur la parcelle qui avait reçu le nitrate de soude, la terre avait, au contraire, noirci sur une grande profondeur correspondant à la profondeur atteinte par les racines.

La théorie de la formation de la terre noire donnée par M. Kostitscheff est la seule, d'après lui, qui puisse expliquer :

a) Pourquoi sous les forêts il ne se produit pas de terres noires ;

b) Pourquoi dans le nord de la Russie et, en général, sur tous les sols humides, il ne se produit jamais de tschernozème ;

c) Pourquoi, sur les sols sablonneux, la coloration s'observe sur des couches plus profondes ;

d) Pourquoi la coloration cesse à la limite inférieure atteinte par les racines ;

e) Pourquoi la richesse en matières organiques diminue avec la profondeur des couches ;

f) Pourquoi à une végétation plus active en un endroit donné correspond toujours une richesse en matières noires plus grande, même lorsque les deux endroits comparés sont à des distances très rapprochées.

Le chapitre IX est consacré à l'examen des terres noires au point de vue de leur richesse en matières organiques ; cette richesse varie avec la nature de la végétation. M. Kostitscheff a réuni dans ce chapitre les résultats de 234 dosages de matières organiques dans des échantillons de terre noire pris dans toutes les parties de la région du tschernozème en Russie. Tous ces échantillons ont été préalablement desséchés entre 105 et 110 degrés. La matière organique a été déterminée d'après la quantité d'acide carbonique obtenue en oxydant la matière par l'acide chromique en présence de l'acide sulfurique. Cette méthode a l'avantage d'être assez rapide et rachète par là ce qu'elle peut laisser à désirer sous le rapport de l'exactitude.

Lorsqu'on observe la végétation qui recouvre la steppe, on la voit parfois conserver un caractère uniforme sur des étendues de 10 à 15 kilomètres. D'autres fois, on constate des différences frappantes

dans la nature ou dans la vigueur des plantes, à quelques mètres de distance. Toute variation dans la végétation correspond à une variation de richesse du sol. Ainsi les échantillons de terre noire classés sous les numéros d'ordre 118 et 120, dans le tableau des dosages de matière noire, ont été pris à une distance de moins de cent mètres l'un de l'autre. Le premier contient 8.4 p. 100 et le second 4.4 p. 100 de matières organiques. Il est clair que ce n'est pas là un effet du climat. L'explication est donnée par ce fait qu'à l'endroit où a été prélevé l'échantillon 118, pousse le koril, *Stipa pennata,* tandis que le numéro 120 a été pris en un endroit occupé par *Linosgris villosa.* Règle générale, c'est toujours sous la *Stipa pennata* que se trouve la meilleure terre noire. Parfois on rencontre au milieu de la terre noire une parcelle de quelques mètres de diamètre formée par ce que l'on appelle en russe un *solonntschek,* terrain salé. Sur ces taches salées, pousse surtout *Linosgris villosa.* L'échantillon 104 a été pris sur une telle tache salée ; il ne contient que 2.99 p. 100 de matière organique. Le n° 105 a été pris au centre de cette même tache salée, sur une espèce d'îlot d'à peine un mètre de diamètre recouvert de koril, *Stipa pennata.* Il contient 4.37 p. 100 de matière organique. L'échantillon 174 contient 3.65 p. 100 et le n° 175, prélevé 6 mètres plus loin, contient 9.3 p. 100 de matière noire. A l'endroit où a été prélevé le n° 174, pousse un peu de *Stipa pennata* et de *Festuca ovina,* mais le *Ceratocarpus arenarius* domine. Le n° 176 a été pris sous une belle végétation de *Stipa pennata* sans trace de *Ceratocarpus.* On pourrait multiplier les exemples de ce genre. Partout la richesse en matières organiques est en rapport direct avec le développement de la végétation. A l'origine, lorsque les plantes ont pris possession d'un terrain purement minéral, il n'a pu y avoir de différence dans la végétation que par suite de différences dans la composition du sol, dans sa profondeur ou dans sa position. Plus tard, à ces différences originelles s'ajoutent celles qui proviennent des quantités différentes de matières organiques accumulées dans le sol. On comprend que ces différences ont pu devenir de plus en plus grandes.

L'accumulation de matières organiques, ainsi qu'on l'a vu plus haut, ne se produit que quand la plus grande partie des matières

végétales souterraines échappe à la décomposition annuelle. Il est clair que cette accumulation est d'autant plus rapide que la production annuelle de racines est elle-même plus grande. Prenons comme exemple deux sols dans lesquels se décompose annuellement un millième seulement de la réserve organique souterraine, mais dont l'un produit 300 kilogr. de matière végétale par hectare et l'autre 1500 kilogr. Les deux sols s'enrichiront en matières organiques et deviendront terre noire ; mais le premier ne pourra jamais contenir plus de 300 000 kilogr. de matières organiques à l'hectare, tandis que le second pourra arriver à en contenir 1 500 000 kilogr.

Dans le chapitre X et dernier, M. Kostitscheff étudie les modifications qu'éprouve la surface des terres noires sous l'action des eaux.

Dans les steppes non touchées par l'homme, c'est-à-dire non cultivées, l'action de l'eau sur la surface du sol est presque nulle. La couche d'herbe et l'enchevêtrement de racines innombrables protègent le sol et empêchent tout ravinement. Il n'en est plus de même si, pour une raison quelconque, la couche protectrice est entamée. Sous l'influence de la sécheresse, il se produit quelquefois d'assez grandes fentes en été ; si l'automne est aussi sec, ces fentes ne se referment pas et, au printemps, la fonte des neiges les élargit en minant leurs parois toujours dénudées. La partie supérieure résiste et surplombe les parois jusqu'à ce que son propre poids l'entraîne au fond de la fente, devenue ravin. Dans ce cas, le ravinement se fait avec une rapidité surprenante. C'est ainsi que M. Kostitscheff a pu voir un ravin de 8 mètres de largeur et de 9 à 10 mètres de profondeur, s'agrandir en un seul printemps de 12 mètres dans sa longueur tout en gardant la même profondeur.

Lorsque la steppe est couverte d'herbes, les pluies les plus violentes ne peuvent attaquer la surface du sol, même sur des pentes très inclinées. On ne saurait donc, avec M. Dokoutschaeff, attribuer à l'action de l'eau les différences de richesse en matières organiques observées sur des échantillons pris à de faibles distances les uns des autres.

Dans un seul cas, l'action de l'eau peut contribuer à augmenter l'épaisseur de la couche de terre noire. C'est lorsque le fond d'une vallée se recouvre successivement de couches minces de matières

minérales détachées par les eaux des flancs des collines non couvertes de végétation. Mais, dans ce cas encore, la terre noire se produit sur place par la décomposition des racines qui se développent successivement dans chacune de ces couches.

Dans le gouvernement de Karkhoff, à côté de collines et de montagnes calcaires complètement dénudées, on trouve des collines semblables, mais recouvertes de gazon. Sur ces dernières collines, il s'est formé du tschernozème sur la craie même, car dans la couche supérieure on observe encore de petits morceaux de craie et le sol est de teinte plus claire que le tschernozème. Aussi pourrait-on s'attendre à le trouver moins riche en matières organiques que la terre noire ordinaire. Mais l'analyse montre qu'il en est tout autrement.

	p. 100.		p. 100.	
Échelle n° 47. Tschernozème d'une colline calcaire, couche supérieure. .	7.81	de matière organique et	9.71	de CaO,CO^2.
Échelle n° 48. Couche inférieure de la même.	4.48	—	21.65	—
Échelle n° 49. Tschernozème de la même colline, mais sur un sol argileux.	7.93	—	0.71	—

On pourrait multiplier les exemples de ce genre ; ils prouveraient tous que sur une terre bien couverte de gazon, le tschernozème est toujours riche en matières organiques, quelle que soit la position du sol. Il n'en est plus de même lorsqu'on laboure les collines ; dans ce cas, sous l'action répétée de l'eau, une partie des matières organiques du sol des terrains inclinés est entraînée vers le pied de la colline et peu à peu le tschernozème disparaît vers le sommet.

M. Kostitscheff n'admet nullement l'opinion des savants qui ne veulent considérer comme terres noires normales que celles qu'on trouve sur des terrains unis. Les observations prouvent au contraire qu'il peut y avoir sur les flancs des collines et sur leurs plateaux supérieurs du tschernozème tout aussi normal, comme épaisseur de couches et comme distribution des matières organiques dans les différentes couches. Il arrive même souvent que dans les endroits montagneux les vallées basses contiennent du tschernozème moins riche

en matières organiques ou en couches moins profondes que les flancs des collines ou les plateaux supérieurs.

Nous terminerons le compte rendu de la première partie de l'ouvrage de M. Kostitscheff en traduisant le passage suivant de la préface qui indique clairement le but que s'est proposé l'auteur et le plan de son travail : « La formation du tschernozème est une question de botanique, a dit Ruprecht. Cette proposition a aujourd'hui une signification plus profonde et plus vaste que quand elle fut formulée. La géologie n'a qu'une importance secondaire dans la question du tschernozème, parce que l'accumulation des matières organiques se produit dans les couches supérieures du sol, parfois très différentes au point de vue géologique. La question de la terre noire est une question de géographie et de physiologie des végétaux supérieurs et une question de physiologie des organismes inférieurs qui produisent la décomposition des matières végétales. En examinant la question sous ce point de vue, il est facile de voir combien doivent être nombreuses et variées les expériences destinées à élucider la question de la formation des terres noires. Dans cette première partie de mon ouvrage, je n'ai pu examiner que les questions les plus générales et je n'ai cherché à les élucider qu'à gros traits. La composition des matières organiques du tschernozème, les modifications chimiques et morphologiques des résidus végétaux pendant leur transformation en matières noires, seront examinées dans la troisième partie. Ces questions n'ont été qu'effleurées dans le chapitre IV de la première partie. La seconde partie sera consacrée aux recherches sur la composition de la partie minérale des terres noires et sur leurs propriétés physiques. »

Orlowetz, juillet 1887.

E. FELTZ.

LE

TANNIN DANS LE CHÈNE

(NOUVELLES RECHERCHES)

Par E. HENRY

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

Nous avons publié dernièrement [1] une note relative à la répartition du tannin dans les diverses régions du bois de chêne. Ces recherches, entreprises dans le but de renseigner les industriels qui se livrent à la fabrication des extraits de tannin si utilisés aujourd'hui, ont conduit à un certain nombre de conclusions résumées à la fin de la note et auxquelles nous prions le lecteur de vouloir bien se reporter. Il a paru intéressant de contrôler nos premiers résultats par de nouvelles analyses pour voir s'ils pouvaient être généralisés, s'il y avait une loi de la distribution du tannin, ou si, au contraire, ils ne représentaient qu'un cas particulier et des variations accidentelles. Les premiers dosages ont porté sur un chêne de 90 ans, crû en taillis sous futaie, comme tous les bois traités à l'usine de M. Luc, à Nancy. Cette usine, l'une des plus importantes qui existent, fabrique annuellement plusieurs millions de kilogr. d'extrait et emploie exclusivement les souches et les grosses branches des chênes provenant des taillis sous futaie du Nord-Est de la France. Entre autres résultats, nous avons constaté, pour la tige, un taux élevé de tannin

1. *Annales de la Science agronomique française et étrangère*, 1886, t. I, p. 358-371.

dans l'écorce et dans le bois parfait, une pauvreté remarquable dans l'aubier, les tissus ligneux les plus tannifères étant les couches extérieures du bois parfait. Mais ces chiffres ne se rapportent qu'à un seul arbre.

Il était de quelque intérêt, au double point de vue scientifique et pratique, de rechercher si ces taux varient suivant les conditions de végétation (sol, climat, mode de traitement) et dans quelle limite, si partout et toujours l'aubier du chêne est aussi pauvre en tannin, si partout et toujours les couches extérieures du bois parfait sont les plus riches, etc.[1].

Pour apprécier l'étendue des variations dues à la double influence du mode de traitement et du sol, nous avons soumis à l'analyse une rondelle de chêne provenant d'une des plus anciennes et des plus belles futaies de France, de la forêt de Tronçais (Allier). Le climat et l'altitude ne diffèrent pas sensiblement de ceux de la forêt de Haye ; mais le sol et le traitement sont tout autres. La forêt domaniale de Tronçais (10000 hectares) est traitée en futaie de temps immémorial. Elle repose sur le système triasique, représenté là par de vastes bancs d'argile entremêlés de grès argileux et de roches conglomérées, provenant de la désagrégation des granits du plateau central. Le sol végétal, dans la parcelle où croissaient les chênes analysés, est frais, argilo-siliceux ; il provient de grès à gros grain, se désagrégeant facilement ; il manque de chaux, comme le prouve la végétation spontanée des clairières (fougères, bruyères, genêts à balais).

Ce sol est donc aussi différent que possible de celui de la forêt de Haye, autre fraction importante (8000 hectares) du domaine forestier de l'État. Ici le sol très superficiel repose partout sur les calcaires de l'oolithe inférieure. La végétation y est franchement calcicole. Le chêne de la forêt de Haye a crû en taillis sous futaie ; c'est

---

1. Ce n'est qu'après avoir multiplié les dosages dans les bois des diverses espèces tannifères ayant crû dans des conditions différentes et bien caractérisées (en contrôlant les résultats par l'examen microscopique) que l'on pourra formuler les lois de la distribution du tannin dans le bois, préciser les conditions de sa formation, de sa destruction et arriver peut-être à se rendre compte de sa signification physiologique, si obscure aujourd'hui.

dire que sa cime, à partir de l'âge de 30 ans, a pu se développer librement en pleine lumière, tandis que le chêne de Tronçais a été pris dans un massif de chêne pur très serré, de 170 à 180 ans, mis en coupe d'ensemencement en 1884. C'était un des plus petits arbres du peuplement; sa cime, très étriquée, a été constamment gênée dans son développement par les cimes des arbres voisins. On peut, du reste, se rendre compte approximativement des différences dans les conditions de végétation des deux arbres par la différence dans le volume de bois formé annuellement.

On sait que, toutes choses égales d'ailleurs, plus est grande la surface foliacée, plus il y a de carbone assimilé et de matière ligneuse constituée. Or, tandis que le chêne de taillis sous futaie, à 90 ans, mesure $0^{m},50$ de diamètre à la base (ce qui donne pour l'épaisseur moyenne d'une couche ligneuse annuelle $2^{mm},8$), le chêne de futaie, à l'âge de 185 ans, n'a que $0^{m},33$ de diamètre et $0^{mm},9$ seulement pour l'épaisseur moyenne des accroissements, qui sont trois fois plus minces que dans l'arbre de taillis sous futaie. Il est vrai que le chêne de Tronçais avait un fût d'une longueur totale de 25 mètres sur lesquels 18 sont utilisables comme bois de service, lorsque celui de la forêt de Haye ne mesurait que 20 mètres de hauteur et 8 mètres de bois de service. Si la couche ligneuse annuelle de l'arbre de futaie est plus mince, elle est aussi notablement plus longue. On se rend compte que son volume est moindre cependant, en calculant l'accroissement annuel moyen qui est $17^{dm^3},4$ pour le chêne de Haye et $7^{dm^3},7$ seulement, soit moins de moitié, pour celui de Tronçais.

Après avoir découpé une rondelle à la base de ces deux chênes qui ont crû dans des conditions si différentes de sol et de traitement, on a séparé, pour les râper isolément, l'écorce, l'aubier, le bois parfait périphérique, intermédiaire et central. Sur la matière ainsi transformée en poudre fine, on a immédiatement dosé l'eau en desséchant à l'étuve à 100 degrés.

	ÉCORCE.	AUBIER.	BOIS PARFAIT		
			périphérique.	intermédiaire.	central.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Haye	15	16.83	23.14	26.27	26.66
Tronçais	14.75	17.70	20.84	22.32	22.30

La proportion d'eau va constamment en augmentant de l'extérieur à l'intérieur [1].

On a ensuite dosé le tannin sur 20 grammes de matière non desséchée, suivant la méthode de Löwenthal, modifiée par le Dr J. von Schröder. Cette méthode, aujourd'hui adoptée dans tous les laboratoires d'Allemagne, est très supérieure, comme exactitude et commodité, à toutes celles qui ont été proposées jusqu'ici [2].

On a obtenu ainsi en tannin pur pour 100 de matière sèche dans :

	ÉCORCE.	AUBIER.	BOIS PARFAIT		
			périphérique.	intermédiaire.	central.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Chêne de Haye . .	10.86	0.96	7.69	6.55	6.59
Chêne de Tronçais.	5.69	0.87	4.29	4.18	3

On voit que, quels que soient le sol (calcaire ou siliceux), le traitement (futaie ou taillis sous futaie), l'écorce est toujours la région la plus riche en tannin, même chez les gros arbres qu'on n'a pas l'habitude d'écorcer; l'aubier est la plus pauvre, le bois parfait a une teneur intermédiaire et ses couches les plus riches sont celles de la périphérie, c'est-à-dire celles qui viennent de subir le plus récemment l'ensemble des modifications par lesquelles l'aubier se transforme en bois parfait. On pourrait expliquer ce fait en admet-

1. En est-il de même dans l'arbre sur pied ? C'est là un point qui a une certaine importance et qui, croyons-nous, n'a pas encore été élucidé. M. Geleznow a publié, dans les *Annales des Sciences naturelles,* 6e série, t. III, p. 344-357, un résumé des expériences qu'il a faites une fois par mois pendant toute une année sur la teneur en eau de l'écorce et du bois de divers arbres résineux ou feuillus. Il les divise, sous ce rapport, en *hygroxylés* (pin sylvestre), *xéroxylés* (érable) et *amœbéoxylés* (bouleau, tremble), suivant que le bois est toujours plus humide ou toujours plus sec, ou tantôt plus humide, tantôt plus sec que l'écorce. Le chêne serait donc un *hygroxylé,* en admettant que les rapports trouvés se maintiennent pour toutes les époques de l'année. Mais M. Geleznow s'est borné à prendre le taux d'eau du bois, sans distinction de régions, et nous voyons déjà, par les dosages précédents, que, du moins pour le chêne et très probablement pour les arbres à aubier et bois parfait bien distincts, il y a une différence sensible dans les taux d'eau de ces deux parties.

2. Elle est exclusivement appliquée maintenant à la Station agronomique de l'Est et au Laboratoire de l'École forestière. On trouvera l'exposé complet de la méthode et des recherches critiques qui ont prouvé sa valeur dans le mémoire du Dr Councler inséré au tome Ier (3e année, 1886) de ces *Annales.*

tant, avec beaucoup de physiologistes, que les matières amylacées, sucrées, etc., abondantes dans l'aubier avant sa transformation et qu'on n'y trouve plus après, ont émigré en se décomposant et en laissant comme résidu le tannin. Ce corps, qui compte parmi les substances les plus altérables, imprègne les tissus du bois parfait où sa proportion irait en diminuant progressivement par oxydation lente.

Pour qu'on puisse vérifier les résultats précédents en se plaçant absolument dans les mêmes conditions, voici le nombre des couches et l'épaisseur moyenne de chacune des zones analysées :

	AUBIER.		BOIS périphérique.		BOIS intermédiaire.		BOIS CENTRAL.	
	Nombre des couches.	Épaisseur de l'aubier.	Nombre des couches.	Épaisseur de la zone.	Nombre des couches.	Épaisseur de la zone.	Nombre des couches.	Épaisseur de la zone.
	—	— Centim.	—	— Centim.	—	— Centim.	—	— Centim.
Chêne de Haye . .	15	4	50	5	20	6	35	9
Chêne de Tronçais.	25	1	20	2,5	80	7	30	5

Si, dans les deux arbres analysés, la répartition du tannin suivant le rayon est la même, les taux sont fort différents. L'écorce et le bois parfait du chêne de futaie sont environ moitié moins riches en tannin que les régions correspondantes du chêne de taillis sous futaie. Ces différences peuvent tenir au traitement ou au sol, peut-être à ces deux causes à la fois.

Pour résoudre la question, nous avons analysé deux autres rondelles de chênes de la forêt de Tronçais. L'une (n° 2) a été prise à la base d'un arbre situé dans un perchis pur très serré. L'autre (n° 3) provient d'un chêne voisin du précédent, ayant crû par suite dans les mêmes conditions de sol, mais placé sur le périmètre et complètement isolé [1].

Le chêne n° 2 a 75 ans et un diamètre de $0^{m},20$, correspondant à une épaisseur moyenne de $1^{mm},3$ pour l'anneau ligneux annuel. Le chêne n° 3 n'a que les deux tiers de l'âge du précédent (50 ans) et

1. Nous devons ces rondelles et les renseignements qui concernent les arbres dont elles proviennent à l'obligeance de M. Raffignon, inspecteur adjoint des forêts à Cérilly (Allier).

son diamètre est double. L'épaisseur moyenne de la couche annuelle est 4 millimètres, plus du double de celle du chêne n° 2. Cette énorme différence dans l'activité de la végétation de ces deux arbres voisins est due uniquement à la cause dont nous cherchons à étudier l'influence sur le taux de tannin. Elle montre à la fois que le desserrement et l'éclairement de la cime ont une part prépondérante dans l'accroissement et que nous avons en présence deux types accusant à peu près le maximum et le minimum de cette influence, et par suite des plus favorables pour l'étude de la question.

Dans les deux rondelles, l'écorce, l'aubier, les couches périphériques, intermédiaires et centrales du bois parfait, ont été analysés séparément et le taux centésimal de tannin pur a été rapporté à la matière séchée à 100 degrés, comme dans les dosages précédents.

On a trouvé :

	ÉCORCE.	AUBIER.	BOIS PARFAIT		
			périphérique.	intermédiaire.	central.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Chêne n° 1	10.33	3.27	5.78	4.91	4.04
Chêne n° 2	10.09	2.07	9.63	7.09	6.41

La répartition du tannin dans ces deux jeunes arbres est la même que dans les deux premiers, beaucoup plus âgés. Le taux va toujours en décroissant, quand on passe de l'écorce au bois parfait périphérique, puis au bois intermédiaire, au bois central et enfin à l'aubier qui est encore ici la région la plus pauvre. Constatons, cependant, qu'il est notablement plus tannifère dans les jeunes arbres (2 à 3 p. 100) que dans les vieux (moins de 1 p. 100). C'est là un fait analogue à celui qu'a présenté le chêne de Haye où l'aubier des grosses branches contenait 2 p. 100 de tannin et celui du fût moins de 1 p. 100. Il semble que l'aubier s'appauvrisse en tannin, comme il s'appauvrit déjà en matières de réserve, à mesure qu'il provient de parties plus âgées de l'arbre.

Mais le point important à signaler est le taux beaucoup plus fort de tannin dans le bois parfait du chêne qui a crû sur la lisière, isolé et ensoleillé. L'excédent est de 2 p. 100 pour les zones moyenne et centrale, de 4 p. 100 pour la zone périphérique.

Il est donc hors de doute que les arbres dont les cimes peuvent se développer librement et recevoir la plus grande somme possible de chaleur et de lumière, fabriquent plus de tannin que les autres, et nos résultats justifient pleinement la préférence des industriels pour les chênes soumis au traitement en taillis sous futaie qui conduit précisément à ce résultat.

Il resterait à dégager l'influence qu'exerce le sol sur la teneur du bois en tannin. Cette étude est plus délicate. S'il est facile de trouver deux arbres végétant dans un même sol et soumis à un traitement différent, il l'est beaucoup moins de rencontrer deux arbres qui, sur des sols différents, aient vécu pendant un siècle dans des conditions absolument identiques quant au développement, à l'isolement et à l'éclairement de la cime, quant aux phénomènes météoriques, etc. Et, d'après ce que nous venons de voir, ces influences extrinsèques sont telles que la moindre inégalité pourrait masquer la part qui revient au sol.

Cependant, s'il était permis d'étendre au bois les résultats trouvés pour les écorces, on pourrait affirmer que le sol a une influence et que les sols calcaires sont les plus favorables à la production du tannin.

M. Madon, inspecteur adjoint des forêts à Toulon, nous écrivait dernièrement : « Les écorces des Maures[1] se vendent constamment 2 à 3 fr. de moins par 100 kilogr. que celles de la région calcaire. Cependant les arbres sont magnifiques de végétation et conservent jusqu'à un âge avancé une écorce très lisse. Pourquoi cette différence qui est si accusée, que certains tanneurs n'en veulent à aucun prix[2] ? » Il envoyait en même temps des échantillons d'écorces récoltés avec le plus grand soin, à la même époque, sur des brins en

1. La région naturelle, dite des Maures, située sur le bord de la Méditerranée, entre Hyères et Fréjus, est constituée par des roches cristallines et strato-cristallines. Le sol, en grande partie boisé, manque de calcaire : la végétation y est nettement silicicole.

2. Ce fait a été déjà signalé par M. A. Rousset dans ses *Recherches expérimentales sur les écorces à tan du chêne yeuse,* Paris, 1878, où on lit (page 15, *ad notam*) : « L'écorce des arbres situés dans les terrains granitiques est peu estimée. Ces arbres ont une végétation beaucoup plus lente et leur écorce se paye 25 p. 100 au-dessous du cours moyen de ces produits. »

tout comparables[1], mais venus les uns en sol calcaire, les autres en sol siliceux (région des Maures).

Voici les résultats de nos analyses :

	TANNIN p. 100 de matière sèche.
Sol siliceux. Brin non dominé ; 25 ans ; exposition sud. . . .	18.74
Sol calcaire. — 19 —	22.73
Différence en faveur de l'écorce du sol calcaire. . .	4
Sol siliceux. Brin dominé ; 25 ans ; exposition sud	14.86
Sol calcaire. — 19 —	17.59
Différence en faveur de l'écorce du sol calcaire. . .	2.73
Sol siliceux. Brin dominé ; 25 ans ; exposition nord.	13.67
Sol calcaire. — 19 —	15.12
Différence en faveur de l'écorce du sol calcaire. . . .	1.45

Les écorces des chênes yeuses venus en sol calcaire sont donc toujours plus riches que celles des sols siliceux[2] et cette plus-value atteint son *maximum*, comme on pouvait le prévoir, dans les circonstances qui déterminent la production *maxima* de tannin, c'est-à-dire, dans les taillis non dominés, à l'exposition sud[3]. Il est très probable que le sol exerce sur les tissus ligneux la même influence que sur ceux de l'écorce.

Déperdition du tannin.

Il ne suffit pas à l'industriel de connaître quelles sont les régions de l'arbre les mieux pourvues du principe qu'il veut extraire et comment les circonstances d'âge, de climat, de sol, de traitement influent sur sa teneur. Comme il est obligé de faire de grands appro-

1. L'âge diffère un peu ; mais, d'après les nombreuses analyses de M. A. Rousset (*loc. cit.*, p. 46), cette inégalité n'entraînerait qu'une différence de 1 p. 100 au plus.

2. Il importe d'autant plus de noter ce fait que l'opinion contraire a été formulée. M. de Kirwan la signale, sans se prononcer du reste sur sa valeur, à la page 19 de sa *Notice sur l'industrie des écorces à tan*, Paris, 1878. « Un sol siliceux est, dit-on, plus favorable à l'écorce qu'un sol calcaire et surtout argileux. »

3. M. A. Rousset, dans ses consciencieuses *Recherches* déjà citées, a montré, en effet, qu'aux expositions chaudes les écorces sont plus tannifères, conclusion que les chiffres ci-dessus confirment de tous points.

visionnements, il lui importe de savoir si sa marchandise garde toujours sa valeur première ou si elle se détériore et dans quelle mesure.

Les écorces, même récoltées dans les meilleures conditions et conservées en lieu sec, bien aéré, s'appauvrissent très vite en tannin. Il résulte des expériences de MM. Müntz et Schœn[1] qu'elles perdent, en deux ans, moitié environ de leur taux initial.

Le tannin disparaît-il dans les bois aussi rapidement que dans l'écorce?

Pour s'en assurer, on scia la rondelle de $0^m,14$ d'épaisseur, prise à la base du chêne de taillis sous futaie de la forêt de Haye en deux autres, de $0^m,07$ d'épaisseur chacune. L'une fut immédiatement analysée et donna les résultats consignés plus haut. L'autre fut abandonnée à l'air libre, dans l'herbe, pendant un an.

Au bout de ce temps, elle fut divisée en autant de zones que la première et analysée.

	ÉCORCE.	AUBIER.	BOIS périphérique.	BOIS intermédiaire.	BOIS central.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Rondelle saine. . .	10.83	0.96	7.69	6.55	6.59
Rondelle avariée. .	2.69	0.25	3.78	4.26	3.06

Le tannin incorporé au bois parfait se détruit donc bien moins vite que celui de l'écorce ou de l'aubier. La perte n'atteint pas la moitié du taux primitif pour le bois parfait; elle s'élève aux trois quarts pour l'aubier et dépasse même cette proportion dans l'écorce.

Ce résultat était à prévoir. Dans l'écorce et dans l'aubier, le tannin se présente en grains amorphes réfringents qui, sous l'action de l'eau, se pulvérisent d'abord en petits globules formant une masse opaque et finalement se dissolvent. On les rencontre dans les cellules du parenchyme cortical, dans les tubes cribreux du liber et dans les rayons médullaires.

Cette structure grenue disparaît dans le cœur des bois âgés où le tannin se présente comme un dépôt homogène imprégnant les membranes non seulement des rayons médullaires, mais de tous les tis-

1. Voir *Revue des Eaux et Forêts,* t. XX, 1881, p. 249.

sus ligneux. Sous cette dernière forme, nos chiffres montrent qu'il est moins altérable. En outre, la perméabilité des tissus de l'écorce et de l'aubier, leur faible adhérence qui permet à l'eau de s'introduire aisément entre l'écorce et le bois, leur richesse en matières nutritives, si favorable au développement des champignons qui viennent achever l'œuvre de destruction commencée par l'eau, sont autant de raisons qui s'ajoutent à la première pour expliquer la déperdition considérable de tannin dans l'écorce et l'aubier[1]. Celui du bois diminue aussi, quoique moins vite, sous l'influence des mêmes causes.

Les chiffres précédents montrent que l'eau et l'oxygène détruisent, en un an, la moitié du tannin dans le bois d'une rondelle de $0^m,07$ d'épaisseur. Les champignons ont une action analogue. Nous avons dosé le tannin dans un chêne de 150 ans, dont le cœur était atteint de pourriture rouge. Cette maladie, due sans conteste à des champignons, transforme le bois en une matière rouge très friable qu'on réduit aisément en poudre fine. Cette portion altérée, dont les tissus avaient été désorganisés par les filaments mycéliens, ne renfermait plus que des traces de tannin.

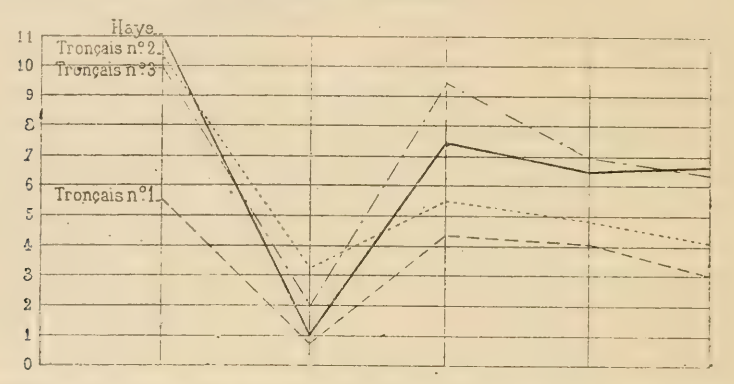
Au contraire, le bois de chêne, soustrait à l'action de l'oxygène et des champignons, peut conserver, pour ainsi dire indéfiniment, une proportion notable de tannin. Dans des fouilles récentes faites à Nancy, on a trouvé, à plusieurs mètres au-dessous du sol actuel, un gros tronc de chêne enfoui depuis une date certainement très reculée. Ce chêne, en décembre 1887, contenait encore, dans son bois parfait, 2.36 de tannin sur 100 de matière sèche.

1. Les écorces rentrées sèches dans un magasin sec bien fermé dans la saison humide et aéré par les temps secs, sont soustraites à deux causes d'altération (eau, champignons), mais offrent à un troisième agent de destruction (l'oxygène de l'air) une surface d'attaque considérable et c'est par combustion lente que les écorces, même les mieux emmagasinées, s'appauvrissent très vite. On comprend dès lors quel intérêt il y a pour le tanneur à n'employer que des écorces fraîches et à ne pas s'approvisionner outre mesure. Cette obligation gênante, qui empêche de profiter largement des baisses de prix, n'existe pas pour le fabricant d'extraits. Les billes, de $1^m,14$ de longueur, conservées sous écorce en lieu sec, aéré, ne s'altèrent que fort peu sur les surfaces de section et peuvent être emmagasinées en grande quantité, lorsque les circonstances économiques se montrent favorables.

Conclusions.

En résumé, ces nouvelles recherches confirment en tous points nos premiers résultats.

1° On peut affirmer que, dans le chêne[1], le tannin se trouve toujours distribué, sur une section horizontale, d'après une même loi, comme le montrent les courbes ci-dessous :



2° Dans le chêne, la proportion d'eau en hiver va constamment en augmentant de l'extérieur à l'intérieur.

3° Toutes autres circonstances égales, un chêne aura un bois d'autant plus riche en tannin que sa cime aura été plus ample, plus isolée, plus éclairée ou, autrement dit, que ses couches annuelles seront plus larges.

4° Les écorces des chênes yeuses des sols calcaires sont plus riches que celles des sols siliceux, toutes autres circonstances égales d'ailleurs. Il en est probablement de même du bois.

5° Le tannin du bois exposé aux intempéries se détruit beaucoup moins vite que celui de l'écorce et de l'aubier placés dans les mêmes conditions.

6° Sous l'action de l'oxygène et des champignons, le bois perd tout son tannin (chêne atteint de pourriture rouge); il en conserve indéfiniment une proportion notable quand ces deux causes d'altération sont écartées (chêne fossile).

---

1. Et probablement aussi dans le châtaignier et toutes les essences tannifères à aubier et bois parfait distincts.

EXAMEN

DES

SAUTERELLES CONSIDÉRÉES COMME ALIMENT

ET COMME ENGRAIS[1]

Par M. A. MÜNTZ

PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Les insectes de la classe des orthoptères qui sont généralement connus sous le nom de sauterelles, sont extrêmement nombreux tant dans les climats tempérés que dans les régions tropicales. Leur multiplication rapide en fait de véritables fléaux des cultures et des herbages. Dans certains pays, comme l'Algérie, leur apparition est une calamité publique, la végétation disparaît sur leur passage.

On en détruit un nombre considérable et il y a lieu d'examiner si l'on peut tirer parti des cadavres de ces insectes.

Nous avons examiné au point de vue de sa composition chimique, en opérant sur l'insecte adulte, la sauterelle généralement répandue en France, à laquelle les naturalistes donnent le nom de *Stethlophyma grossum*. Ces sauterelles avaient à l'état frais un poids moyen de 38 centigrammes, qui se réduisait par la dessiccation à celui de 105 milligrammes ; elles contenaient donc 27.4 p. 100 de leur poids de matière sèche.

1. Étude faite à la demande de M. le Ministre de l'agriculture.

1° *Sauterelles envisagées au point de vue alimentaire.* — Chez certaines populations, les sauterelles entrent dans l'alimentation de l'homme ; elles pourraient au même titre être consommées par les animaux de la ferme et notamment par les animaux de basse-cour. Au point de vue alimentaire, leur composition centésimale est la suivante :

1° *A l'état frais.*

Eau	72.60
Matières azotées	19.70
— grasses	2.52
— minérales	1.55
Substances diverses et débris. Végétaux des intestins	8.63

Ce qui fait pour les sauterelles considérées à l'état sec :

Matières azotées	71.9
— grasses	9.2
— minérales	6.4
Substances diverses et débris. Végétaux des intestins	12.5

La matière azotée est en majeure partie constituée par une substance ayant de l'analogie avec les matières albuminoïdes et sur laquelle les réactifs chimiques ont une action très marquée ; une solution de potasse notamment la dissout avec la plus grande facilité ; elle doit être regardée comme très digestible. Une autre partie de cette matière azotée se trouve à l'état de chitine, c'est-à-dire d'une substance d'une résistance beaucoup plus grande et qui doit être regardée comme non digestible ou faiblement digestible. La proportion de chitine s'élève, pour les sauterelles :

A l'état frais à	1.09
A l'état sec à	4.00

On peut donc regarder la matière azotée de ces insectes comme émmenemment digestible, sauf une fraction insignifiante.

La matière grasse extraite des insectes par un dissolvant tel que l'éther, le sulfure de carbone, etc., se présente sous la forme d'une huile épaisse, extrêmement onctueuse, d'une couleur verdâtre, d'une odeur qui n'a rien de repoussant.

Les sauterelles elles-mêmes, soit à l'état frais, soit desséchées ou grillées, ont un goût auquel le palais s'habitue facilement. A l'état frais, leur composition chimique les rapproche beaucoup de la chair de bœuf moyennement gras, comme le montre la comparaison suivante :

	SAUTERELLE.	CHAIR DE BŒUF.
Matières azotées	19.70	18.00
— grasses	2.52	3.00
— minérales	1.55	2.20

A poids égal, on peut donc les regarder comme ayant la même valeur alimentaire que la viande de bœuf.

A l'état sec, leur valeur alimentaire est près de quatre fois plus grande ; sous cette forme concentrée et qui se prête à la conservation et au transport, elles pourraient être utilisées au même titre que la viande desséchée.

Dans les localités où il est possible d'en ramasser de grandes quantités et de les sécher pour la conservation, ces insectes seraient d'un grand secours aux populations qui s'habitueraient à s'en nourrir et leur seraient d'autant plus utiles que les aliments azotés leur font fréquemment défaut, alors que les produits végétaux riches en sucre et en amidon sont en abondance à leur portée.

Mais, sans insister davantage sur l'emploi des sauterelles dans l'alimentation humaine, nous pouvons les considérer comme une substance pouvant être préparée par la dessiccation en vue d'une conservation prolongée et du transport comme aliment destiné aux animaux de la ferme. A ce titre, nous ne croyons leur emploi possible que comme nourriture des animaux de la basse-cour, qui en sont très friands ; elles joueraient ainsi le même rôle que les hannetons qui servent aux mêmes usages, mais auxquels on reproche de communiquer aux œufs et à la chair un goût particulier.

2° *Sauterelles envisagées au point de vue fertilisant.* — Si nous envisageons ces insectes uniquement au point de vue des matières

fertilisantes qu'ils renferment, nous trouvons la composition suivante pour la sauterelle à l'état frais :

Azote	3.15
Acide phosphorique	0.60
Potasse	0.28
Chaux	0.06
Magnésie	0.02

Ce qui fait pour la matière sèche :

Azote	11.50
Acide phosphorique	2.18
Potasse	1.02
Chaux	0.23
Magnésie	0.08

Les sauterelles enfouies sur place constituent donc un engrais très riche, surtout au point de vue de l'azote. Si l'on voulait les transporter, il faudrait au préalable leur faire subir une dessiccation pour éviter la pourriture qui se manifesterait rapidement dans la masse humide. Dans cet état, elles constitueraient un engrais concentré qui ne serait pas sans analogie avec les guanos les plus riches en azote, et leur décomposition dans le sol, en raison du faible état d'agrégation de la matière azotée qui les constitue, peut être regardée comme très rapide. En outre, on y trouve des quantités très sensibles d'acide phosphorique et de potasse qui augmentent leur valeur fertilisante.

Si l'on voulait concentrer sous la forme la plus réduite les éléments fertilisants qu'elles renferment, on pourrait les immerger à l'état frais dans l'acide sulfurique et dessécher la masse charbonneuse obtenue qui contiendrait une grande partie de l'azote à l'état de sulfate d'ammoniaque. Cette opération se rapprocherait de celle qu'on fait subir à d'autres engrais azotés, comme les déchets de cuir et laine.

Quoi qu'il en soit, si l'on voulait tirer parti des sauterelles loin des lieux de production, soit comme aliment, soit comme engrais, il y aurait lieu de leur faire subir des préparations parmi lesquelles la dessiccation serait la plus efficace et la plus pratique.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

DIRECTION DES ROUTES, DE LA NAVIGATION ET DES MINES

DIVISION DES MINES

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Tout ce qui se rattache à l'exploitation, au commerce et aux applications des phosphates présente un grand intérêt pour les cultivateurs.

Jusqu'à ce jour, nous ne possédions aucun renseignement, même approximatif, sur les quantités de phosphate naturel que renferme, à l'état de gisements exploitables, le sol français. Cette lacune vient d'être comblée par une publication du ministère des travaux publics, que je crois devoir mettre en entier sous les yeux des lecteurs des *Annales de la Science agronomique française et étrangère.*

La découverte de gisements considérables de phosphate de chaux peut, à bon droit, être rangée parmi les progrès si marqués que l'agriculture doit aux sciences physiques et naturelles. Il y a moins d'un demi-siècle que Berthier (en 1819) signala, pour la première fois, la présence du phosphate de chaux dans les terrains stratifiés du Pas-de-Calais et dans le terrain crétacé du cap de la Hève. Découverte en 1824, à Bellegarde (Ain), par A. Brongniart, et quelques années plus tard, sous forme d'ossements et d'excréments d'animaux fossilisés (coprolithes), par Buckland, en Angleterre, l'existence du phosphate de chaux a, depuis lors, été constatée dans les formations géologiques les plus diverses des deux mondes.

Mais c'est, à proprement parler, depuis 1840, époque à laquelle Liebig, après avoir montré le rôle des substances minérales dans l'alimentation des végétaux, proposa de traiter les phosphates naturels par l'acide sulfurique pour les rendre plus rapidement assimilables, que l'attention des agronomes et des géologues se porta vers l'étude des gisements de ce précieux engrais.

En Angleterre, Sir John Bennet Lawes, en fondant la première grande fabrique de superphosphate (1842) et, en France, M. Meugy, en signalant la nature phosphatée des rognons des sables verts désignés vulgairement sous le nom de *coquins,* ouvrirent à la fertilisation de nos sols une ère nouvelle.

MM. de Molon et Desailly, dont les noms resteront attachés à la vulgarisation des gisements de phosphates, ont été les véritables promoteurs de l'emploi agricole des phosphates naturels en France. C'est en 1855 qu'ils ont commencé à exploiter les nodules dans les Ardennes : chaque année écoulée depuis a vu grandir cette industrie.

Élie de Beaumont, par son étude magistrale sur l'importance agricole des phosphates naturels, a également droit à la reconnaissance des agriculteurs. En 1859, M. R. de Luna découvrit le gisement d'apatite de Jumilla (Espagne). Les dépôts du terrain dévonien de la Lahn furent décrits en 1864 par Frésénius et Mohr, et, l'année suivante, M. Poumarède signalait la phosphorite dans la formation oxfordienne du Quercy. Une étude très intéressante des gisements de phosphate de chaux a été publiée, il y a quelques années, par M. Nivoit, professeur à l'École des ponts et chaussées ; c'est le travail descriptif le plus complet que nous possédions jusqu'aujourd'hui.

Si les mémoires des savants dont je viens de rappeler les noms ont mis hors de doute la dissémination du phosphate à la surface du globe, ils ne nous renseignent en aucune façon sur les quantités d'acide phosphorique que les gisements connus mettent à la disposition de l'agriculture. La publication des tableaux statistiques que la direction des mines vient de faire au *Journal officiel* est donc fort instructive et sera accueillie avec faveur par les savants aussi bien que les praticiens.

La direction des mines a prescrit, pour l'année 1886, une enquête détaillée sur les gisements de phosphate de chaux et sur les scories de déphosphoration de la fonte (procédés Thomas-Gilchrist). Les résultats de cette enquête sont réunis dans deux tableaux dont le premier fait connaître, par département et par commune, la situation géologique des gisements de phosphates, leur étendue approximative en hectares, le nombre et l'épaisseur des couches reconnues,

les quantités présumées de phosphate existant dans les gisements, le nombre et le mode d'exploitation des carrières, et le nombre des ouvriers. Ces renseignements généraux sont complétés par les indications suivantes : état physique et composition centésimale des produits, tonnage et prix moyens des phosphates bruts et des phosphates préparés pour l'agriculture, principaux lieux de destination.

Le deuxième tableau fournit des renseignements analogues sur les scories de déphosphoration de la fonte. A l'aide des nombreux chiffres contenus dans ces documents, il est facile de se faire une idée approchée des ressources que l'agriculture française peut attendre de l'exploitation des gisements indigènes, pour restituer au sol l'acide phosphorique exporté annuellement, sur une si vaste échelle, par les récoltes.

Vingt et un départements français, y compris celui d'Oran, possèdent des gisements de phosphate, d'étendue et de richesse très variables, au moins dans l'état des explorations actuelles. Les gisements de Tarn-et-Garonne et de Vaucluse ne sont pas encore en exploitation régulière, je les laisserai donc de côté dans le tableau récapitulatif que j'ai dressé en rangeant les départements d'après l'ordre d'importance des gisements reconnus :

DÉPARTEMENTS.	TONNAGE présumé.	PRODUCTION en 1886.
	t. m.	t. m.
Meuse	24196000	51800
Pas-de-Calais	1638000	60000
Lot	1240000	25900
Drôme	793000	7000
Somme	750000	5000
Cher	650000	2900
Indre	400000	3000
Haute-Saône	328000	2700
Oise	300000	»
Ardennes	161000	8600
Nord	154000	»
Ardèche	72000	482
Marne	55800	»
Aveyron	50000	3900
Gard	48000	13000
Yonne	34500	940
Tarn	30000	433
Vosges	20000	1400
Oran	1200	50

L'étendue totale des gisements reconnus est de 29 618 hectares, représentant 32 millions et demi de tonnes de phosphates de chaux. Ces minerais appartiennent à trois catégories distinctes : les uns, de beaucoup les plus abondants, sont les « nodules », d'une richesse de 16 à 26 p. 100 d'acide phosphorique. La Meuse, qui fournit à elle seule près des trois quarts de la production totale, ne renferme que des nodules. Dans la Somme, le phosphate se présente sous forme de sable, longtemps employé, dans l'ignorance où l'on était de sa composition, pour préparer le mortier à bâtir. Les gisements du Lot, du Gard et du Tarn sont principalement constitués par des phosphates en roche[1].

La richesse en acide phosphorique varie d'un gisement à un autre : ses extrêmes sont 15 et 37 p. 100 de cette précieuse matière fertilisante. Le prix de la tonne de phosphate broyé et livré sur place a varié, en 1886, de 15 à 70 fr. On a vendu, dans cette année, 17 682 tonnes de phosphate brut, pour la somme de 332710 fr., ce qui assigne à la tonne un prix moyen de 18 fr. 82 c. La vente des produits broyés et tamisés s'est élevée au chiffre de 166 384 tonnes, au prix moxen de 40 fr. 34 c., ce qui correspond à la somme de 6746544 fr. On voit que la vente totale s'est élevée à moins de 200000 tonnes en 1886 (exactement à 184066 tonnes, soit 1/176 de la richesse totale présumée des gisements.

Cela revient à dire que, si la consommation des phosphates par l'agriculture restait stationnaire, les gisements français pourraient y suffire pendant 176 années consécutives. En doit-il être ainsi et pouvons-nous considérer ces gisements comme inépuisables d'ici à plus d'un siècle et demi ? Assurément non. Le jour prochain, il faut l'espérer, où les cultivateurs comprendront leurs véritables intérêts et se trouveront en mesure, par une bonne organisation du crédit agricole ou autrement, d'appliquer les conseils et les enseignements de la science, la consommation de l'acide phosphorique s'élèvera dans des proportions telles que ses gisements iront rapidement vers l'épuisement. Il est facile de s'en convaincre par un calcul très simple.

---

1. Voir *Études agronomiques*, 1885-86 et 1886-87, pour plus amples renseignements sur les formes naturelles du phosphate de chaux. 2 vol. in-12. Hachette et Cie.

La surface cultivée de la France, déduction faite des vignes, forêts et prairies, est de 26 millions d'hectares environ. Si nous supposons répandues uniformément sur cette surface les 184000 tonnes de phosphates achetés en 1886, cela représente la quantité tout à fait insignifiante de 7 kilogrammes par hectare. Or, une fumure moyenne de phosphate naturel doit être de 500 kilogrammes par hectare, pour être efficace et rémunératrice dans les sols insuffisamment pourvus d'acide phosphorique. A raison d'une tonne par hectare, les 32 millions et demi de tonnes de phosphate ne suffiraient à fumer que 32 millions et demi d'hectares : à raison de 500 kilogrammes, on en pourrait fumer le double, soit 65 millions d'hectares : cela montre que l'emploi de 500 kilogrammes de phosphate de chaux par hectare absorberait la totalité des gisements en deux fumures et demie. Il va sans dire que tous les sols français n'exigent pas l'emploi des phosphates, mais ce calcul montre à l'évidence, d'une part, la facilité qu'ont aujourd'hui les cultivateurs d'améliorer, à brève échéance, les rendements de leurs terres en utilisant les gisements de phosphate, de l'autre, la rapidité avec laquelle ces mêmes gisements seront épuisés dès que l'agriculture leur demandera cet accroissement de fertilité.

La direction des mines a eu, comme je l'ai dit, l'heureuse idée de réunir, dans un second tableau, les renseignements statistiques relatifs à la production des scories Thomas-Gilchrist, dont j'ai fait connaître à nos lecteurs la valeur fertilisante. Le document officiel nous indique, pour 1886, les quantités de scories de déphosphoration produites dans les usines françaises, leur teneur moyenne en acide phosphorique et leurs prix de vente.

Quatre départements, comptant en tout sept usines, concourent à cette production. Ce sont :

Meurthe-et-Moselle, avec deux usines : Jœuf et Mont-Saint-Martin.

Meuse, deux usines : Commercy et Stenay.

Nord, deux usines : Denain et Trith-Saint-Léger.

Saône-et-Loire, une usine : le Creusot.

La production et la vente des scories brutes dans ces sept usines se sont élevées en tout, aux chiffres suivants, dans la campagne métallurgique de 1886 :

90325 tonnes de scories brutes dont un peu plus du dixième seulement a été utilisé par l'agriculture, savoir : 1 195 tonnes vendues en morceaux ou à l'état de poudre grossière provenant du délitement spontané des scories exposées à l'air, et 9655 tonnes livrées, après broyage et tamisage, aux cultivateurs.

J'ai fait connaître assez en détail la composition et le mode d'action de ces scories pour n'y pas insister ici[1]. Je me bornerai à rappeler que leur teneur en acide phosphorique varie de 7 à 17 p. 100 et leur richesse en chaux de 35 à 50 p. 100. En morceaux ou grossièrement délitées, les scories se sont vendues de 3 fr. 50 c. à 4 fr. la tonne : en poudre fine, de 10 à 20 fr. la tonne, suivant richesse. La valeur vénale des 10850 tonnes de scories livrées à l'agriculture, atteint le chiffre de 162095 fr.

Les cultivateurs français n'ont donc utilisé que le cinquième environ de la quantité de scories produites dans nos usines en 1886. Je ne doute pas que la statistique ne constate une progression notable dans l'emploi de ce précieux agent de fertilisation pour 1887, mais il ne faut pas s'arrêter là : cette source d'acide phosphorique est la plus économique. Les essais de culture faits dans les deux dernières campagnes sur une grande échelle ont partout confirmé les bons résultats que j'ai cherché l'un des premiers à vulgariser. Il ne devrait pas exister une tonne de scories disponible dans les usines, si les cultivateurs étaient pénétrés des services considérables que peut leur rendre leur emploi. Dans tous les sols, notamment, qui réclament le chaulage et sont presque toujours pauvres en acide phosphorique, les scories de déphosphoration sont l'engrais phosphaté par excellence. Une scorie titrant 8 p. 100 seulement d'acide phosphorique et 45 p. 100 de chaux vaut, prise à l'usine, 4 fr. la tonne au maximum. Quadruplons cette somme pour avoir la dépense nécessaire pour conduire dans nos champs une tonne de scorie : pour 16 fr., le cultivateur peut répandre dans sa terre 450 kilogrammes de chaux et 80 kilogrammes d'acide phosphorique : il se procure ainsi, en comptant la chaux 0 fr. 01 c. le kilogramme, de l'acide phosphorique à moins de 15 centimes le kilogramme.

---

1. *Études agronomiques,* 1885-1887, *passim.* Hachette et Cie. 1887-1888.

Il est bien à souhaiter que les ministres de l'agriculture et du commerce, s'inspirant de l'excellent exemple donné par leur collègue des travaux publics, fassent dresser, dans leurs services respectifs, des statistiques concernant la production, l'importation et la consommation des principales matières fertilisantes. A l'heure qu'il est, nous manquons complètement de renseignements à ce sujet, et les agriculteurs verraient avec reconnaissance les ministères compétents les éclairer par des données précises sur les ressources que l'industrie met à leur disposition.

L. Grandeau.

Les tableaux publiés par la direction des mines, que nous reproduisons *in extenso*, sont précédés de la note suivante :

« En raison des avantages considérables que présente pour l'agriculture l'emploi des amendements à base de phosphate de chaux, le département des travaux publics a fait procéder par le service des mines à une enquête détaillée sur les gisements naturels de phosphate de chaux et sur les scories de déphosphoration de la fonte.

« Les résultats de cette enquête sont consignés dans les deux tableaux suivants, qui donnent la production des phosphates de chaux, en 1886, dans les départements où cette substance a été exploitée ou obtenue, et contiennent en outre divers renseignements concernant la situation géologique et l'étendue présumée des gisements, le nombre et l'épaisseur des couches reconnues, etc., etc. »

EXPLOITATION DES PHOSPHATI

NOTA. — Les chiffres en *italiq*

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	Degré apparent de dureté.	Coul
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1:
		hectares.	mètres.	tonnes.			mèt.					
ARDÈCHE												
Viviers	Grès vert.	48	2 de 0,10 à 0,70 / 1 de 1,50 inexploitable.	72000	5	G. O.	»	18	5	Sables et nodules	3	Ja nât
ARDENNES												
Saulces-Montclin.		20		12000	12	O.	»	»	32			
Machéroménil . .		10		6000	2	O.	»	»	6			
Vaux-Montreuil .		4	1 de 0,15 à 0,18	3000	7	O.	»	»	18			
Les Chesnois. . .		4		3000	2	O.	»	»	10			
Wignicourt . . .		3		2000	2	O.	»	»	4			
Écordal		10		8000	4	O.	»	»	10			
Saint-Loup . . .		15	1 de 0,10 à 0,18	12000	6	O.	»	»	15			
Guincourt. . . .		20		20000	4	P.	5	8	4			
Sorcy-Bauthémont		5	1 de 0,15 à 0,20	2500	5	P. O.	7	2	4			
Grandpré		35		17500	20	O.	»	»	75			
Ternes		1	1 de 0,10 à 0,18	500	1	O.	»	»	2			
Landres.		20		13000	16	O.	»	»	35			
Champigneulle. .	Sables verts, zone à *Ammonites mamillaris.*	10		5700	10	O.	»	»	20	Nodules	Dur.	Ve grisâ
Saint-Juvin . . .		15	1 de 0,09 à 0,10	7800	3	O.	»	»	7			
Exermont		10		7250	7	O.	»	»	20			
Sommerance. . .		10		4000	3	O.	»	»	6			
Remonville . . .		10	1 de 0,06 à 0,07	6500	7	O.	»	»	16			
Fossé		1		650	4	O.	»	»	5			
Chevières		10	1 de 0,06 à 0,07	5200	1	O.	»	»	2			
Cornay		20	1 de 0,08 à 0,10	9000	7	O.	»	»	22			
Châtel-Chéhéry .		10	1 de 0,10 à 0,15	7500	7	O.	»	»	20			
Imécourt		12		8100	10	O.	»	»	35			
	Totaux. . .	255		161500	140			10	368			

CHAUX PENDANT L'ANNÉE 1886

…iquent aux carrières inactives.

TENEUR P. 100 …bstance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
				BRUTS (a).			PRÉPARÉS.					
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.		(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
2.20	27.16	»	50.05	»	»	»	Débourbage, criblage	482	22,23	10716	Avignon.	
				410	17	6970	Séchage et mouture.	3500	27,25	95300		La profondeur des carrières à ciel ouvert ne dépasse pas 3 mètres. Il n'est pas question ci-contre des exploitations de nodules de la Gaize, qui sont actuellement abandonnées.
				»	»	»	Séchage et mouture.	95	25,00	2375		
8 à 15	21 à 31	5 à 15	28 à 10	»	»	»	Séchage et mouture.	3990	26,50	105735	Le département, Bretagne et Belgique.	
				»	»	»	Séchage et mouture.	15	26,50	390		
				»	»	»	Séchage et mouture.	200	24,50	5900		
				»	»	»	Séchage et mouture.	800	26,50	21200		
				410	17	6970		8600	26,82	230900		

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Degré apparent de dureté.	Coul[…]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	[…]
AVEYRON		hect.	mèt.	ton.			mèt.					
Naussac.		»		»	4	»	»	»	»			
Salles-Courbatiers.	Oolithe inférieure.	1.5	Poches verticales très irrégulières et de profondeur indéterminée.	30000	11 / *1*	O. P.	50	10	10	Roches, nodules et filons.	Dureté généralement un peu supérieure à celle de la calcite.	Bl[…] vio[…]
Villeneuve. . . .		1.0		20000	9	O .P.	50	8	6			
La Capelle Balaguier		»		»	2	»	»	»	»			
	Totaux. . .	2.5		50000	20 / 7			18	16			
CHER												
Vailly, Sury, Assigny, Thou, Jars et Menne-tou-Ratel. . . .	Couche à la partie supérieure du gault.	Affleurement sur 129 kil.	1 de 0,25	650000	Variable	O.	3.5	»	62	Nodules	»	G[…] et[…]
COTE-D'OR												
Chazilly.					2	O.	(*)	»	5			
Créancey					3	O.	»	»	7			
Cussy-le-Châtel.					2	O.	»	»	5			
Essey					6	O.	»	»	15			
Maconge.					3	O.	»	»	7			
Meilly.					4	O.	»	»	9			
Painblanc. . . .					2	O.	»	»	5			
Rouvres-sur-Meilly. . .					3	O.	»	»	6			
Thoisy-le-Désert.					3	O.	»	»	7			
Vandenesse . . .					4	O.	»	»	8			
Aisy-sous-Thil. .					2	O.	»	»	4			
Brianny.					2	O.	»	»	4			
Corrombles . . .					9	O.	»	»	20			
Courcelles-Frémoy . . .					3	O.	»	»	6			
Courcelles-les-Semur. .	Lias inférieur.	5000	1 couche de 0,12	1500000	1	O.	»	»	3	Nodules	Friable	Bl[…] jau[…]
Epoisses.					13	O.	»	»	28			
Flée.					3	O.	»	»	6			
Fontangy					1	O.	»	»	3			
Forléans.					3	O.	»	»	7			
Jeux-lès-Bard . .					2	O.	»	»	5			
Millery					2	O.	»	»	6			
Montbertault. . .					3	O.	»	»	6			
Montigny					2	O.	»	»	5			
Précy-sous-Thil .					2	O.	»	»	5			
Roilly.					1	O.	»	»	3			
Semur.					1	O.	»	»	3			
Torcy.					3	O.	»	»	7			
Vic-de-Chassenay.					6	O.	»	»	12			
Nan-sous-Thil . .					1	O.	»	»	3			
Villeneuve-s.-Charigny .					2	O.	»	»	5			
	Totaux. . .	5000		1500000	94			»	215			

TENEUR P. 100 (substance desséchée à 120° en) acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	PRODUITS BRUTS (a). Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	PRODUITS PRÉPARÉS. Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS. (a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
				»	»	»	»	»	»	»		Carrières inactives qui occupaient 36 ouvriers au temps de leur exploitation.
8.80	35.59	17.00	18.00	»	»	»	Mouture.	2100	30,00	72000	Bordeaux, Marseille, Toulouse, Agen, Plateau central.	Une de ces carrières est inactive. Elle paraît cependant avoir une certaine importance, puisqu'elle occupait 56 ouvriers au moment de la cessation des travaux.
				»	»	»	Mouture.	1500	30,00	45000		
				»	»	»	»	»	»	»		Carrières inactives. — 10 ouvriers y étaient employés au temps où elles étaient en activité.
				»	»	»		3900	30,00	117000		
»	»	»	»	»	»	»	Criblage, lavage.	2900	55,00	159500	Le département, Nièvre, etc.	La mouture des phosphates a lieu dans une usine sise à Cosne (Nièvre).
				»	»	»	Lavage, broyage, séchage, criblage.	3210	65,00	210600		(*) La profondeur des carrières ne dépasse pas 2 mètres. Les renseignements ci-contre s'appliquent à des communes situées dans l'arrondissement de Beaune.
2.60	38.00	10.40	20.00								Paris, Dijon, Saint-Gobain, Orléans, Suisse, Italie.	
				»	»	»	Lavage, broyage, séchage, criblage.	6180	65,00	421200		Les renseignements ci-contre s'appliquent à des communes situées dans l'arrondissement de Semur.
				»	»	»		9720	65,00	631800		

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQU[E] des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSIQU[E] des produits. Degré apparent de dureté.	Coul[eur]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1[3]
		hect.	mèt.	ton.			mèt.					
DROME												
Saint-Paul-Trois-Châteaux . . .	Grès vert.	49	2 de 0,20 à 6,00	510000	4	G. O.	»	37	31	Sables et nodules	3	Ja nâ
Clausayes		141	2 de 0,10 à 0,80	252000	6	G. O.	»	17	11			
Les Granges-Gontardes. . . .		8	1 de 0,30	16000	1	G. O.	»	3	1			
Vallaurie		10		20000	1	G. O.	»	4	3			
	Totaux. . .	208		798000	12			61	46			
GARD												
Tavel	Argovien.	1	Nombreuses poches et cassures.	Indéterminable	3	P. G.	»	120	50	Roches	Dureté au-dessous de celle du calcaire	Bla jau noir
Lirac		5		Épuisée en partie.	1	G.	»	10	2			
Saint-Maximin. .		0.1		40000	2	P.G.O	»	40	60			Bru jau blan
Saint-Julien-de-Peyrolas. . . .	Crétacé (gault).	30	1 de 0,10	3500	1	P.G.O	»	15	5	Nodules		Jau à surf var à l' téri
Salazac		11		4500	1	P.G.O	»	5	»			
	Totaux. . .	47		48000	8			190	117			
INDRE												
Malicornay, Chavin, Le Menoux, Caulmont, Celon, Bazaiges, Maillet, Gournay, Cluis, Neuvy-St-Sépulcre .	Couche à la base du lias moyen.	Affleurement sur 82 kil.	1 de 0,25	400000	Variable	O.	3,5	»	75	Nodules	Tendre	Gri e jaun

TENEUR P. 100 [su]bstance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
				BRUTS (*a*).			PRÉPARÉS.					(*a*) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.		
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
2.76	30.13	5.31	41.80	»	»	»	Débourbage, criblage.	5452	29,49	160800	Le département, Ardèche, Vaucluse, Rhône, Bouches-du-Rhône, Puy-de-Dôme, Loiret, Gard, Hérault, Isère.	
2.81	32.62	4.77	36.30									
1.99	36.10	4.90	31.01	»	»	»		1153	33,73	38835		
2.80	30.97	4.90	38.33	»	»	»		128	20,00	2560		
				»	»	»		300	20,00	6000		
				»	»	»		7033	30,04	208245		
6 à 7	48 à 50	0.90	9 à 13	»	»	»	Trituration.	7270	82,50	599775	Société de Saint-Gobain, Vaucluse.	
6 à 7	48 à 50	0.98	9 à 13	»	»	»		1337	92,50	123672		
1.88	52.72	0.70	2.30	»	»	»		4000	56,50	226000		
9.80	53.13	2.30	0.70									
7.16	54.07	1.00	»									
2.18	42.00	4.23	29.59	»	»	»		373	38,00	14174	Midi de la France.	
1.95	37.00	3.03	37.02	»	»	»		117	38,00	4416		
				»	»	»		13097	73,92	968067		
»	»	»	»	»	»	»	Criblage, lavage.	3000	55,00	165000	Le département, Creuse, Haute-Vienne, etc.	La mouture des phosphates a lieu dans une usine près Argenton (Indre).

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Degré apparent de dureté.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		hect.	mèt.	ton.			mèt.				
LOT											
Puyjourdes . . .		0,5		10000	1 *5*	O. P.	70	10	6		
Saint-Jean-de-Laur		2		100000	3 *2*	O.P.G	»	20	15		
Bach		4		300000	6 *2*	O.P.G	»	15	10		
Escamps.		3	Poches verticales très irrégulières et de profondeur indéterminée.	200000	8 *3*	O.P.G	»	25	15	Roches, nodules et filons.	Dureté généralement un peu supérieure à celle de la calcite.
Beauregard . . .	Oolithe inférieure.	1		20000	1 *1*	O. P.	50	10	5		
Larnagol		3,5		300000	4 *6*	O.P.G	»	20	15		
Cajarc.		3		300000	5	O.P.G	»	25	15		
Saint-Martin-Labouval.		0,5		10000	1 *1*	O. P.	50	10	5		
Lugagnac, Concots, Béduer, Vaylats, Saillac, Blars, St-Sulpice, Cabrerets, Carayac, Gréalou, Marcillac, Saint-Chels . .		»		»	*31*	»	»	»	»		
	Totaux. . .	17,5		1240000	29 *51*			135	86		
MARNE											
Braux-St-Remy. .		5		4500	»	O.	»	»	»		
Elize	Gaize, 15 à 20 mètres au-dessus des argiles du gault.	10		9000	»	O.	»	»	»		
Argers.		20		18000	»	O.	»	»	»		
Dammartin-la-Plaine.		4	1 couche de 0,35 à 0,40	3600	»	O.	»	»	»	»	»
Chaudefontaine .		20		18000	»	O.	»	»	»		
Sainte-Menehould		3		2700	»	O.	»	»	»		
	Totaux. . .	62		55800	»						

TENEUR P. 100 …stance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX	OBSERVATIONS.
				BRUTS (*a*).			PRÉPARÉS.					
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	lieux de destination.	(*a*) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
				»	»	»		1800	32,00	57600		5 de ces carrières sont inactives. Au moment de leur exploitation, elles occupaient 70 ouvriers.
				»	»	»		4000	32,00	128000		2 de ces carrières sont actuellement en chômage. Elles employaient auparavant 105 ouvriers.
				»	»	»		3000	31,00	102000		2 de ces carrières sont inactives; 139 ouvriers y étaient employés avant la cessation des travaux.
				»	»	»	Mouture.	4500	31,00	153000	Marseille, Bordeaux, Toulouse, Agen, Plateau central.	3 de ces carrières sont en chômage. Leur personnel, au moment de l'exploitation, s'élevait à plus de 300 ouvriers.
1.00	38.39	16.00	14.00									
				»	»	»		1800	31,00	61200		1 de ces carrières est inactive.
				»	»	»		4200	32,00	134400		6 de ces carrières sont en chômage. Au temps de leur exploitation, elles occupaient environ 370 ouvriers.
				»	»	»		4800	32,00	153600		
				»	»	»		1800	32,00	57600		1 de ces carrières est inactive.
				»	»	»		»	»	»		Carrières en chômage.
				»	»	»		25900	32,72	847400		
				»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		»	»	»		
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Carrières inexploitées depuis quelques années.
				»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		»	»	»		

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galerie, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Degré apparent de dureté.	Co…
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		hect.	mèt.	ton.			mèt.					
MEUSE												
Varennes		620	1 de 0,15 à 0,30	992000	8	P.G.O	13	6	18	Nodules disséminés et couches stratifiées.	Se laisse rayer par l'acier.	
Cheppy		100	1 de 0,15 à 0,18	150000	21	P.G.O	8	14	42			
Clermont		625	1 de 0,17 à 0,18	937000	44	P.G.O	10	66	56			gr…
Aubréville. . . .		1050	1 de 0,15 à 0,17	1470000	9	P.G.O	6	6	12			
Avocourt		500	1 de 0,15	700000	2	O.	»	»	4			
Neuvilly.		1200	1 de 0,15 à 0,17	1680000	5	O.	»	»	7			
Véry.		200	1 de 0,18	300000	18	O.	»	»	31			
Lisle-en-Barrois .		875	1 de 0,15 à 0,18	1225000	8	P. G.	6	8	8			
Villotte		1000		1500000	53	P. G.	16	113	88			
Les Islettes . . .		1420	1 de 0,17 à 0,18	1988000	18	P. G.	6	31	21			
Triaucourt. . . .		1950	1 de 0,15 à 0,18	2730000	17	P.G.O	5	12	22			
Lavoye		400		200000	14	P. G.	6	16	12			
Laheycourt . . .		2500	1 de 0,15	3125000	10	P. G.	7	15	10			
Froidos		2800		350000	7	P. G.	5	9	7			
Couzancelles. . .	Sables verts.	100	1 de 0,10	80000	4	O.	»	»	10			
Andernay		250	1 de 0,18	350000	5	O.	»	»	5		Se laisse rayer par l'acier.	
Auzéville		400	1 de 0,17	560000	22	P.G.O	8	25	25	Couche stratifiée		Gr…
Montzéville et Es-						O.	»	»	22			
nes		625		875000	14	P. O.	7	6	10			
Béthelainville . .		170		238000	8	O.	»	»	15			
Dombasle		80		112000	10	O.	»	»	15			
Bantheville . . .		4	1 de 0,10	200000	10							
Cunel		5	1 de 0,17	200000	3	O.	»	»	3			
Montblainville. .		180	1 de 0,12	215000	2	O.	»	»	8			
Vauquois		700	1 de 0,15	875000	4	O.	»	»	12			
Wally.		650	1 de 0,17	910000	3	P. G.	6	4	2			
Louppy - le - Château.		950	1 de 0,18	1330000	1	P. G.	4	1	1			
Autrecourt. . . .		200	1 de 0,17	280000	4	P G.O	5	6	4			
Rarécourt		800		1120000	8	P. G.	6	14	12			
	Totaux. . .	20351		24196000	332			352	482			
NORD												
Quiévy	Terrain crétacé au-dessus de la craie blanche.	25	Poches de 0,50 à 10 mètres de profondeur.	30000	1	O.	10	»	30	Craie grise sablonneuse.	Friable.	ve…
Briastre.		120	»	121000	2	O.	10	»	»	»	»	
	Totaux. . .	145		151000	1 2			»	30			
OISE												
Hardivillers . . .	Craie supérieure (sénonien) C^8 avec amas riches sous le miocène M.	10	1 couche de 0 à 16 mètres.	300000	»	O.	4	»	»	Cohérent ou arénacé	Friable.	n…

TENEUR P. 100 [sub]stance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX	OBSERVATIONS.
				BRUTS (*a*).			PRÉPARÉS.				lieux	(*a*) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	de destination.	
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr. c.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
à 15	21 à 31	5 à 15	28 à 40	15812	17,24	272660	Lavage, mouture.	51829	31,31	1623024	Bretagne, Vendée et départements limitrophes.	Les carrières à ciel ouvert sont peu profondes; dès que les terres de recouvrement dépassent 2m,60, les exploitants ont avantage à attaquer la couche par puits.
				15812	17,24	272660		51829	31,31	1623024		
.03	22.95	11.06	46.88	1000	40,00	40000	»	»	»	»	Seine principalement, le département, Pas-de-Calais, Aisne, Seine-Inférieure.	Le minerai indiqué est du phosphate mis en briques et séché. On s'occupe de monter les appareils pour la pulvérisation.
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Carrières ouvertes, mais non exploitées en 1886.
				1000	40,00	40000		»	»	»		
.00	49.00	4.00	15.00	»	»	»	»	»	»	»	»	Les travaux d'exploitation ont commencé seulement en 1887.

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSI[…] des produit[…] Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSI[…] des produit[…] Degré apparent de dureté.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		hect.	mèt.	ton.			mèt.				
PAS-DE-CALAIS											
Wissant.	Base de l'argile du gault. — Étage albien.	(²) 600	1 couche de 0,14 en moyenne.	(³) 110000	3	O.	4	»	10	Nodules	Très dur
Landrethun . . .					6	O.	4	»	39		
Réty.					25	P. O.	18	20	26		
Hardinghen . . .					15	P. O.	12	15	30		
Boursin.					2	O.	5	»	21		
Colembert. . . .					2	O.	»	»	7		
Nabringhem. . .					8	P. O.	17	10	16		
Longueville. . .					4	P. O.	6	4	12		
Menneville. . . .					1	O.	»	»	4		
Saint-Martin-Choquel. .					3	O.	3	»	26		
Samer.					1	O.	»	»	5		
Vieil-Moutier . .					2	O.	»	»	12		
Quesques					2	O.	3	»	13		
Lottinghem . . .					5	G.	»	12	7		
Robergues. . . .					1	O.	4	»	10		
Surques.					1	O.	6	»	15		
Pernes-en-Artois.	Craie glauconieuse. Base du cénomanien reposant sur l'argile du gault.	50	1 couche de 0,40	300000	4	O.	6	»	162		
Merck-St-Liévin .	Albien. Base de l'argile du gault.	0,5	2 couches Albien 8 à 12.	2000	1	O.	1	»	4	Nodules	Friable.
Audincthun . . .	Base du cénomanien reposant sur le gault.	5,5	15 à 20	21100	6	O.	6	»	38		
Dennemœucq . .		2,0		7500	2	O.	5	»	10		
Reclinghem . . .		2,0		7500	2	O.	5	»	8		
Orville	Craie supérieure (sénonien) C^8 avec amas riches sous le miocène M.	50	Poches irrégulières de 1 à 15 mètres de profondeur.	530000	*15*	O.	*15*	*3*	*325*	Sable.	Pulvérulent.
Aumerval	Craie glauconieuse. Base du cénomanien reposant sur l'argile du gault.	20	1 couche de 0,15	50000	»	»	»	»	»	Nodules	Friable.
Bailleul-lès-Pernes		15		30000	»	»	»	»	»		
Nédonchelle. . .		20		50000	»	»	»	»	»		
Febvin-Palfart. .		95		200000	»	O.	6	»	»		
Fléchin											
	Totaux. . .	860		1638100	96 / *15*			61 / *3*	475 / *325*		
HAUTE-SAONE											
Vitrey-St-Marcel.	Couches supérieures du lias inférieur.	350	1 de 0,10 à 0,20	(¹) 70000	1	O.	3,0	»	16	Nodules	Assez dur.
Montigny-lès-Cherlieu. .					1	O.	3,0	»	10		
Pusy		120	1 de 0,10 à 0,18	18000	2	O.	2,8	»	8	Nodules	Assez dur.
Auxon.					1	O.	2,8	»	4		
Villeminfroy. . .		300	1 de 0,15 à 0,20	60000	1	O.	2,5	»	4	Nodules	Assez tendre.
Pomoy-Mollans. .					1	O.	2,5	»	4		
Vy-lès-Lure, Les Aynans, La Villeneuve, Conflans-sur-Lanterne, etc. . .		1500	1 de 0,05 à 0,15	180000	»	»	»	»	»	»	»
	Totaux. . .	2270		328000	7			»	46		

	…NEUR P. 100 …nce desséchée à 120° en			PRODUITS							PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
				BRUTS (a).			PRÉPARÉS.					(a) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.		
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
								126	33 (1)	4158	Bretagne principalement, Nord, Pas-de-Calais. Aisne, Somme, Angleterre, Portugal, Espagne.	1. Prix des phosphates rendus en gare de Boulogne. 2. L'étendue reconnue s'élève seulement à 77 hectares environ. 3. La quantité constatée jusqu'ici ne s'élève qu'à 43000 tonnes.
								2425	33,00	80025		
								2841	33,00	93852		
								2220	33,00	73260		
								1108	33,00	36564		
								458	33,00	15114		
								2360	33,00	77880		
0	30.00	5.00	35.00	»	»	»	Lavage et mouture.	443	33,00	14619		
								210	33,00	6930		
								1765	33,00	58245		
								260	33,00	8580		
								680	33,00	22440		
								815	33,00	26895		
								686	33,00	22638		
	31.41	3.77	43.81	»	»	»	Lavage.	170	33,00	5610		
	»	»	»	»	»	»	Lavage.	400	33,00	13200		
0	45.00	3 à 4	»	»	»	»	Lavage, séchage et mouture impalpable.	10600	50,00	530000	Nord, Pas-de-Calais, Aisne, Oise, Somme, Seine-et-Oise, Marne, Seine, Calvados, Côtes-du-Nord, Gers, Landes, Algérie.	
	»	»	»	»	»	»		80	50,00	4000		
	»	»	»	»	»	»		1293	50,00	64650		
0	39.10	8.02	20.29	»	»	»		400	50,00	20000		
0	39.10	8.02	20.29	»	»	»		233	50,00	11650		
1	50.00	1,50 à 4	»	»	»	»	Séchage et mouture.	*30000*	*45,00*	*1350000*	France, Angleterre, Allemagne.	Les chiffres en *italiques* ci-contre s'appliquent à l'année 1887.
				»	»	»		»	»	»	»	Pas d'extraction en 1886.
0	45.00	3 à 4	»	»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		»	»	»		
0	41.46	3.72	24.45	»	»	»		»	»	»		
				»	»	»		29576 *30000*	40,33 *45,00*	1190310 *1350000*		
							Mouture.	900	58,00	52200	Le département, Paris, Allemagne, Suisse, Italie.	1. Chiffres approximatifs s'appliquant aux quantités exploitables à ciel ouvert. Les analyses ne sont qu'approximatives en ce qui concerne les substances autres que l'acide phosphorique.
	45.20	5.60	11.50	»	»	»	Mouture.	1020	58,00	59160		
							Mouture et superphosphoration.	100	150,00	15000		
	17.50	3.50	11.50	180	26	4680	Mouture.	52	56,00	2912		
								60	56,00	3360		
	47.00	2.35	11.57	»	»	»	Mouture.	50	58,00	2900		
								525	58,00	30450		
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Carrières inexploitées.
				180	26	4680		2707	61,26	165982		

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers		ÉTAT PHYSI[que] des produits.	
								à l'intérieur.	à l'extérieur.	Roches, filons, nodules ou sable.	Degré apparent de dureté.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		hect.	mèt.	ton.			mèt.				
SOMME											
Beauval.	Craie supérieure (sénonien) C^8 avec amas riches sous le miocène M.	200	1 couche de 0,18	500000	15	O.	12	»	200	Cohérent ou arénacé	Très friable
Hallencourt et communes voisines		50		250000	»	»	»	»	»		Friable
	Totaux. . .	250		750000	15		12	»	200		
TARN											
Penne.	Oolithe inférieure.	0,3	Poches verticales très irrégulières et de profondeur indéterminée.	30000	8	P.G.O	45	7	8	Roches, filons et nodules	Dureté de la calcite
TARN-ET-GARONNE											
Puy-la-Roque . .	Oolithe inférieure.		Poches verticales très irrégulières et de profondeur indéterminée.	»	1	»	»	»	»	Roches, nodules et filons.	Dureté généralement un peu supérieure à celle de la calcite.
Mouillac.					6	»	»	»	»		
Caylux					30	»	»	»	»		
Saint-Antonin . .					3	»	»	»	»		
Saint-Projet . . .					1	»	»	»	»		
	Totaux. . .				41			»	»		
VAUCLUSE											
Apt	Grès vert.	(1) »	1 de 0,50 à 0,60	(1) »	8	O.	»	»	3	Nodules	Moyen
Rustrel			1 de 1,50 à 3,00		3	G.	»	10	4		
Gignac			1 de 1,50 à 3,00		2	G.	»	4	1		
	Totaux. . .				13			14	8		

TENEUR P. 100 ubstance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
				BRUTS (*a*).			PRÉPARÉS.					(*a*) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.		
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
2.00	51.00	1.00	6.00	»	»	»	Séchage, mouture.	5000	70,00	350000	France, Angleterre, Allemagne, Belgique, Italie, Espagne.	
3.00	49.00	4.00	15.00	»	»	»	»	»	»	»	»	L'exploitation des carrieres n'a commencé qu'en 1887.
				»	»	»		5000	70,00	350000		
12.32	40.07	15.00	12.00	»	»	»	Mouture.	(1) *435*	*33,00*	*14355*	Bordeaux, Marseille, Toulouse et autres villes du Midi.	1. Les carrières de Penne n'ont pas donné de produits en 1886; les quantités vendues proviennent de stocks antérieurs.
11.00	38.39	16.00	14.00	»	»	»	»	»	»	»	»	Carrières qui n'ont pas donné de produits en 1886. Leur importance peut être jugée par ce fait qu'elles occupaient environ 700 ouvriers au moment de la cessation des travaux. La plupart de ces carrières, ainsi que celles également en chômage dans les départements de l'Aveyron et du Lot, paraissent devoir être remises en activité dans le courant de l'année 1888, à la suite de la transformation des anciennes entreprises et de leur fusion en une seule, sous la dénomination de *Société des phosphates français*.
				»	»	»		»	»	»		
»	»	»	»	»	»	»	Lavage, trituration.	100 300	50,00 35,00	5000 10500	France, Allemagne.	1 Les travaux d'aménagement ne sont pas assez développés pour permettre d'apprécier l'étendue et l'importance des couches.
				»	»	»		400	38,75	15500		

DÉPARTEMENTS et communes où se trouvent les gisements.	SITUATION géologique des gisements de phosphate.	ÉTENDUE approximative et présumée des gisements.	NOMBRE et épaisseur des couches reconnues.	QUANTITÉ présumée de phosphate existant dans les gisements.	NOMBRE DES CARRIÈRES.	MODE D'EXTRACTION P. Puits, G. Galeries, O. Ciel ouvert.	PROFONDEUR maximum des travaux.	NOMBRE des ouvriers à l'intérieur.	NOMBRE des ouvriers à l'extérieur.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Roches, filons, nodules ou sable.	ÉTAT PHYSIQUE des produits. Degré apparent de dureté.	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		hect.	mèt.	ton.			mèt.					
VOSGES												
Aingeville. . . .	Lias moyen.	(1) 60	1 de 0,50	(1) 30000	4	O.	(2) »	»	16	Nodules	Tendre	G
Dombasle			1 de 0,25		2	O.	»	»	5			
Haguéville . . .			1 de 0,30		2	O.	»	»	2			
Houécourt. . . .			1 de 0,25		2	O.	»	»	9			
Oëlleville			Id.		2	O.	»	»	5			
Totainville. . . .			Id.		3	O.	»	»	10			
Urville			1 de 0,40		2	O.	»	»	6			
	Totaux. . .	60		30000	16			»	53			
YONNE												
Pourrain	Partie supérieure des sables de la Puysaye (grès verts).	6	1 de 0,20	24000	1	O.	2,3	»	3	Gravier	Celle du calcaire dur.	B gr
Parly		»	1 de 0,15	»	3	P. O.	6	2	5			
Merry-la-Vallée et St-Martin-sur-Ocre.		1,5		4500	3	G.	»	2	»			
Saint-Aubin-Châteauneuf. . . .		2		6000	1	O.	0,4	»	2			
	Totaux. . .	9,5		34500	8			4	10			
Totaux généraux		29628		32435900	796 / *124*			866	2294			
								3160				
ALGÉRIE												
ORAN												
Commune mixte de Nédroma . .	Étage tithonique.	100 mèt. en direction.	Une veine principale avec des ramifications.	1200	1	P.G.O	22	8	25	Roches, filons	Moyen	B ch a fil col
								33				

NOTA. — La production de la France en phosphate est notablement plus forte en 1887, par

TENEUR P. 100 ...bstance desséchée à 120° en				PRODUITS							PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
				BRUTS (*a*).			PRÉPARÉS.					(*a*) Produits expédiés tels qu'ils sortent de la carrière ou restés invendus, et ne faisant pas double emploi avec les produits préparés.
acide carbonique.	chaux.	oxyde de fer et alumine.	autres éléments.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.	Mode de préparation.	Poids.	Prix moyen sur place.	Valeur.		
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
				ton.	fr. c.	fr.		ton.	fr. c.	fr.		
				70	30,00	2100		400	35,00	14000		1. Chiffres absolument incertains, pouvant seulement donner une idée de l'importance des gisements. 2. La profondeur des carrières varie de 1m,50 à 3 mètres.
				70	30,00	2100		100	35,00	3500		
				»	»	»		60	35,00	2100		
»	»	»	»	»	»	»	Pulvérisation.	300	35,00	10500	Angleterre, Suisse, Italie, Belgique, Bavière, Aube, Loiret, Oise, Somme.	
				70	30,00	2100		90	35,00	3150		
				70	30,00	2100		250	35,00	8750		
				»	»	»		200	35,00	7000		
				280	30,00	8400		1400	35,00	49000		
				»	»	»		210	15,00	3150		Les gisements de Parly paraissent épuisés. Ils ont été abandonnés soit à la fin de 1886, soit au commencement de 1887.
				»	»	»		540	15,00	8100		
2.63 ou 1.00	19.25 ou 23.51	10.23 ou 2.24	51.00 ou 55.45	»	»	»	Criblage.	140	15,00	2100	Le département, Orléans, Paris.	Exploitations abandonnées en 1887.
				»	»	»		50	15,00	750		Idem, en 1886.
				»	»	»		940	15,00	11100		
				17682	18,82	332710		166484	40,54	6746544		
3.35	51.80	0.57	5.77	»	»	»	Triage.	50	40,00	2000	Agen, Londres, Hambourg.	Les destinations indiquées sont les destinations habituelles, car aucune expédition n'a été faite en 1886.

loppement considérable qu'ont reçu les exploitations d'Orville et de Beauval.

Phosphates obtenus dans les usines sidérurgiques, en 1886, sous forme de scories de déphosphoration de la fonte.

NOMS des départements.	NOMS des communes où se trouvent les usines.	QUANTITÉS de scories de déphosphoration produites.	QUANTITÉS vendues		PRIX MOYEN sur place		VALEUR totale des quantités extraites.	PRINCIPAUX lieux de destination.	OBSERVATIONS.
			à l'état brut.	en poudre	à l'état brut.	en poudre			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		ton.	ton.	ton.	fr. c.	fr. c.	fr.		
MEURTHE-ET-MOSELLE.	Jœuf	20000	600	1800	3,50	4,50	10200	France, Suisse.	Il n'y a pas eu de broyage sur place des scories. On les a vendues à l'état brut, telles qu'elles sortent du convertisseur, ou tamisées après être restées au contact de l'air et s'être délitées naturellement.
	Mont-Saint-Martin	10000	370	1630	3,50	4,50	8600		Les scories brutes tiennent 11 à 16 p. 100 d'acide phosphorique et 35 à 50 p. 100 de chaux. Les scories tamisées contiennent moins d'acide phosphorique et plus de chaux.
MEUSE	Stenay	225	225	»	4,50	»	1012	France.	
	Commercy	400	»	»	»	»	»	»	Les fontes phosphoreuses entrent pour moins d'un quart dans le chargement moyen du four, et la teneur des scories en acide phosphorique est assez faible pour qu'on les considère comme inutilisables.
NORD	Denain	2000	»	»	15,00	»	30000	Hauts fourneaux de Denain.	La société de Denain utilise elle-même les scories qu'elle obtient dans la déphosphoration de l'acier Pernot. Leur teneur en acide phosphorique est de 12 à 16 p. 100, et celle du protoxyde de fer de 12 à 13.
	Trith-Saint-Léger	1700	»	1225	»	10,00	12250	Bretagne.	Teneur des scories en acide phosphorique : 14 à 19 p. 100.
SAÔNE-ET-LOIRE	Le Creuzot	15000	»	5000	»	20,00	100000	France.	La teneur des scories en acide phosphorique est en moyenne de 15 à 16 p. 100. La vente, peu active encore, paraît devoir prendre plus d'importance en 1887.
Totaux		49325	1195	9655			162092		

LES LOIS FRANÇAISE ET BELGE

SUR LA

RÉPRESSION DE LA FRAUDE DES ENGRAIS

La statistique agricole de la France montre l'insuffisance absolue du fumier de ferme pour la restitution des principes minéraux enlevés par les récoltes. Nous exportons, au bas mot, de nos terres, sous forme de produits alimentaires, textiles ou industriels, des quantités d'azote, de potasse et d'acide phosphorique doubles de celles qu'y peut ramener la production actuelle du fumier. Il faut combler ce déficit ; les engrais chimiques ou industriels nous en offrent le moyen.

Pourquoi, l'efficacité de ces derniers étant aujourd'hui hors de doute, l'extension de leur emploi est-elle si lente, les quantités qu'on en applique au sol si minimes par rapport aux besoins que nous constatons? Deux raisons principales se sont opposées jusqu'ici au développement de la consommation des engrais commerciaux : d'une part, les fraudes dont ils ont été et sont encore l'objet de la part de négociants peu scrupuleux ; l'insuffisance des ressources pécuniaires du cultivateur de l'autre. Ces deux causes exercent leur influence maximum dans la petite culture. Cette situation préoccupe depuis longtemps les meilleurs esprits, le pays tout entier étant intéressé au premier chef à la prospérité de l'agriculture. Quels remèdes peut-on opposer à ce double ennemi de l'amélioration de nos terres par les fumures complémentaires, la fraude et le défaut de capital? C'est ce que je voudrais examiner.

La fraude dans le commerce des engrais prend les formes les plus diverses ; le préjudice qui en résulte pour l'agriculture présente, lui

aussi, un aspect multiple. La fraude, au fond, se résume toujours, pour le cultivateur, dans l'absence de proportion entre le prix de la matière qu'on lui vend et la valeur fertilisante de cette matière. Tantôt l'acheteur est trompé sur la teneur des engrais en principes utiles pour la végétation; tantôt c'est l'origine et l'état de ces principes utiles sur lesquels il est induit en erreur par le vendeur. Dans d'autres cas, enfin, le dol porte à la fois sur la nature, sur la quantité et sur le prix des éléments fertilisateurs que le fraudeur lui livre. Finalement, c'est toujours sa bourse qui en pâtit et, la plupart du temps, dans une limite bien supérieure au chiffre du déboursé du prix de l'engrais.

Il est aisé de s'en rendre compte. Un cultivateur a résolu, d'après le conseil d'un de ses voisins, d'essayer dans ses terres l'emploi des phosphates, par exemple, associés, en vue d'une récolte de céréales, à une substance azotée. Il sait que la première condition de succès est la mise en état de propreté du sol auquel il va confier le grain. Il prépare donc la terre par l'extirpation des mauvaises herbes, par des labours répétés, etc., à recevoir l'engrais et la semence. S'il est trompé dans la livraison de l'engrais; si, par suite de la fraude, il introduit, avec une dépense de 100 fr., par exemple à l'hectare, un mélange dont la valeur réelle, d'après sa richesse en acide phosphorique et en potasse, n'est égale, pour fixer les idées, qu'au tiers, à la moitié du prix d'achat, souvent à moins, la perte qui en résulte pour lui dépasse de beaucoup ce *quantum*. En effet, la perte réelle du cultivateur, dans ce cas, se compose, outre la dépense d'engrais demeuré sans effet, en raison de sa pauvreté, des frais généraux ordinaires de la culture, des frais supplémentaires de labours et autres, faits en vue de l'épandage de l'engrais et de la réussite de l'essai. Enfin, le préjudice causé par le fraudeur s'augmente encore de la valeur du supplément de récolte qu'eût donné l'application au sol de matières fertilisantes que le cultivateur a cru acheter et qu'il aurait eu, pour la somme dépensée, en s'adressant à une maison honnête. Tous ces déboires, — ce n'est pas le tort le moins grand qu'ont infligé à l'agriculture les agissements éhontés de certains commerçants —, ont pour résultat presque constant, de rebuter le cultivateur. Concluant du particulier au général, sans rechercher les causes réelles

de son insuccès, il déclare à ses voisins que les engrais chimiques ne produisent rien, il en déconseille l'emploi autour de lui, et voilà un village où, avant de longues années peut-être, il sera impossible d'améliorer les rendements par l'introduction des engrais chimiques de bonne qualité.

La loi du 7 février 1888 a pour objet la répression de la fraude. Elle aura pour résultat certain, si les intéressés veulent et savent en réclamer l'application, de faire disparaître la bande noire de fabricants d'engrais sans probité qui ont impudemment, depuis une vingtaine d'années, porté un si grand préjudice aux petits cultivateurs. J'ai fait connaître ailleurs les manœuvres frauduleuses auxquelles ont recours ces négociants, qui ne sont étrangers à aucune des rubriques familières aux escrocs. J'ai montré, pour les avoir maintes fois vus à l'œuvre, leurs émissaires parcourant les campagnes, s'attablant au cabaret avec le paysan, le ferblantier, le maître maçon ou le boulanger de la localité, et profitant de l'ignorance de ces derniers pour leur vendre ferme, sous prétexte de dépôt, un ou deux wagons de poudre plus ou moins inerte, au prix des meilleurs engrais. Ces malheureuses dupes deviennent ainsi les intermédiaires inconscients d'un trafic dont le résultat est de faire payer au cultivateur deux, trois et quatre fois plus que leur valeur réelle[1] des engrais dont l'insuccès les éloigne pour longtemps de tout essai sérieux de fumures complémentaires.

La loi nouvelle punit d'un emprisonnement de six jours à un mois et d'une amende de 50 à 2000 fr. ceux qui, en vendant ou en mettant en vente des engrais ou amendements, auront trompé ou tenté de tromper l'acheteur, soit sur leur nature, leur composition ou le dosage des éléments utiles qu'ils contiennent, soit sur leur provenance, soit par l'emploi, pour les désigner ou les qualifier, d'un nom qui, d'après l'usage, est donné à d'autres substances fertilisantes (art. 1er). Les peines, en cas de récidive, peuvent être élevées à deux mois de prison et à 4000 fr. d'amende. Le jugement peut être publié et affiché.

Toutes les indications relatives à la composition et la valeur agri-

---

1. *Études agronomiques,* 1re série, 1885-1886, 4e édition; librairie Hachette et Cie.

cole des engrais doivent être fournies à l'acheteur au moment de la vente, soit dans le contrat, soit dans le double de commission, soit dans la facture remise au moment de la livraison. La teneur en principes fertilisants (art. 4) sera exprimée par les poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse contenus dans 100 kilogr. de marchandise facturée telle qu'elle est livrée, avec l'indication de la nature ou de l'état de combinaison de ces corps, suivant un règlement d'administration publique qui sera annexé à la loi [1].

En Belgique, où les engrais chimiques ont pris une grande extension, la fraude a, comme en France, porté une atteinte grave aux intérêts des cultivateurs et nécessité la promulgation d'une loi (7 janvier 1888), très voisine dans son esprit et dans sa teneur de la loi française. La sévérité des peines édictées par la loi belge est plus grande que celle de la loi française. Tout vendeur qui n'aura pas fourni à l'acheteur les indications sur la provenance et sur la teneur de l'engrais peut être puni de un à sept jours de prison ; la loi française ne frappe le vendeur, pour ce fait, que d'une amende de 11 à 15 fr. La fraude est punie en Belgique d'une amende de 100 à 2,000 fr. et d'un emprisonnement de quinze jours à six mois. Ces peines peuvent être élevées au double, en cas de récidive.

Un arrêté royal, correspondant à nos règlements d'administration publique, accompagne la loi.

En France, comme en Belgique, les stations agronomiques sont appelées à exercer une influence salutaire en ce qui concerne l'application de la loi. Leurs directeurs sont les guides naturels des cultivateurs, qu'ils éclaireront sur les moyens de se soustraire désormais à l'action malfaisante des fraudeurs.

Examinons rapidement le bénéfice que le commerce honnête et les cultivateurs, dont les intérêts sont solidaires, au cas particulier, peuvent attendre de l'application de la loi du 7 février 1888 et le rôle des stations agronomiques vis-à-vis des vendeurs et des acheteurs.

1. C'est en vue de ce règlement que le ministre de l'agriculture a demandé au *Comité des Stations agronomiques* de rédiger les méthodes à appliquer à l'analyse des engrais. Nous avons publié le rapport de ce comité. Voir ces *Annales*, t. I[er], 1887, p. 274 et suivantes. L. GRANDEAU.

Les négociants honnêtes et, j'ai hâte de le dire, le commerce des engrais en compte beaucoup, se conformeront avec empressement à la loi, malgré les petits inconvénients pratiques qu'entraîne toute réglementation un peu sévère. De ce côté donc, il n'y aura aucune difficulté, et l'acheteur recevra désormais, en s'adressant à une maison qui se respecte, un certificat constatant la provenance, la nature et la quantité de chacun des principes fertilisants qu'il achètera. L'efficacité de la loi du 7 février dépendra, avant tout, du soin que le principal intéressé, c'est-à-dire le cultivateur, mettra à en réclamer et à en poursuivre l'application. Pour le petit cultivateur, le mieux sera de faire partie d'un syndicat agricole qui achètera pour son compte, avec toutes les garanties que lui donne la loi, les engrais dont il aura besoin. Il est de toute nécessité, en effet, pour que la loi ne reste pas lettre morte, qu'un contrôle incessant des stations agronomiques et des laboratoires agricoles s'exerce sur la conformité des livraisons avec les indications du vendeur prescrites par les articles 1 et 4. Or, les analyses faites pour le compte des syndicats, sur des lots importants d'engrais, entraînent pour cette vérification des frais à peu près nuls, tandis que, répétés sur des livraisons de 100 ou 200 kilogr., ces analyses viennent grever le prix de l'engrais d'une somme très inférieure, il est vrai, au dol, qu'en leur absence le cultivateur s'expose à subir, mais qui cependant deviendraient onéreuses en se multipliant lors de chaque achat isolé. L'association, sous une forme ou sous une autre, pour l'achat des engrais, est donc le mode le plus sûr et le plus économique à la fois.

Le rôle des directeurs des stations agronomiques, pris comme arbitres dans les transactions entre fabricants d'engrais et cultivateurs, demande quelques explications. Le chimiste auquel s'adressent l'une des deux parties ou toutes deux, d'un commun accord, pour être éclairées sur un marché d'engrais, doit comprendre son mandat de la manière suivante : s'il est en présence d'un marché fait conformément aux prescriptions de la loi nouvelle, il procédera à l'analyse de l'engrais, et, suivant que les garanties de diverses natures exigées du vendeur au moment de la livraison seront ou non remplies, il agira comme je vais le dire. L'examen et l'analyse de la matière livrée confirment-ils la garantie donnée par le vendeur, le

bulletin de la station le constatera purement et simplement. Le prix auquel l'unité de substance fertilisante est compté, paraît-il, d'après les cours, par exemple, beaucoup trop élevé, le chimiste n'a pas à s'en occuper. Le prix a été débattu entre acheteur et vendeur, la teneur garantie par le dernier existe réellement, la provenance indiquée est exacte, le marché est parfaitement régulier et le chimiste n'a qu'à le constater. Si, au contraire, les principes fertilisants contenus dans l'engrais vendu n'y existent pas en quantité conforme à la garantie du vendeur, ou s'ils sont d'une origine et à un état autres que ceux indiqués par le contrat ; si les teneurs et prix par kilogramme ne sont pas portés sur la facture ; si, en un mot, le marché n'est pas conforme aux conditions explicitement indiquées par la loi, le rôle du chimiste sera différent. Il devra mentionner tous les manquements à l'observation de la loi sur le bulletin d'analyse, engager l'acheteur à porter plainte et, au besoin, transmettre au parquet de son ressort le duplicata du bulletin d'analyse. Le parquet appréciera la suite à donner au marché.

De l'énergie que les cultivateurs mettront à réclamer, le cas échéant, l'application rigoureuse de la loi, dépendra, avant tout, le bénéfice que l'agriculture pourra en retirer. C'est donc à l'initiative privée des cultivateurs qu'incombe le soin de veiller à leurs propres intérêts : faute de le faire, la loi resterait lettre morte et les fraudeurs pourraient continuer à s'enrichir en vidant la poche de leurs dupes. Les syndicats agricoles, les stations agronomiques, aideront de tout leur pouvoir à l'application de la loi, mais il faut pour cela que les intéressés eux-mêmes ne s'abandonnent pas.

Il ne suffit pas, pour que l'emploi des engrais chimiques prenne le développement si nécessaire à l'accroissement de nos rendements, que la loi vienne soustraire le cultivateur aux agissements éhontés des fraudeurs. La certitude de pouvoir échapper à la fraude ne met pas d'argent dans la poche du cultivateur, et le défaut d'argent est un obstacle capital à la propagation des engrais chimiques. Comme le dit fort justement l'honorable M. Maxime Lecomte dans l'exposé des motifs du projet de loi qu'il a présenté le 22 février 1888 à la Chambre, les fournisseurs d'engrais qui peuvent tomber sous le coup des sévérités de la loi ont également droit à sa protection. On ne

peut, en effet, exiger des fournisseurs honnêtes, vendant à des prix raisonnables des produits bien fabriqués, qu'ils fassent à tous leurs clients, sans distinction de solvabilité, l'avance des engrais. Un grand nombre de petits cultivateurs, fort honnêtes, laborieux, assez intelligents pour comprendre l'importance de l'emploi des engrais chimiques, sont dans l'impossibilité, faute d'argent et de crédit, de réaliser cette amélioration dans leur exploitation.

M. Maxime Lecomte, pour remédier à ce fâcheux état de choses, propose de modifier le paragraphe 4 de l'article 2102 du Code civil de la façon suivante : « Néanmoins, les sommes dues pour les semences, *les engrais* ou pour les frais de la récolte de l'année sont payées sur le prix de la récolte, et celles dues pour ustensiles sur le prix de ces ustensiles, par préférence au propriétaire dans l'un et l'autre cas. »

Il est à souhaiter que le Parlement adopte le plus tôt possible le projet de M. Lecomte, et que, assimilant les engrais aux semences, en ce qui regarde le privilège du vendeur, il constitue ainsi un élément de crédit qui permettra aux fabricants d'engrais de fournir au cultivateur, avec toute sécurité pour le vendeur, les matières fertilisantes dont il aura besoin.

Il y a lieu d'espérer qu'une amélioration très notable dans la fumure de nos terres et, par conséquent, dans l'augmentation des rendements du sol, résultera de l'application stricte de la loi du 7 février et du crédit que créerait l'adoption du projet de M. Lecomte, à la condition, c'est toujours là le grand point, que l'initiative privée, d'une part, et l'esprit d'association, de l'autre, viennent en aide au législateur, dont l'action, en dehors de ces deux facteurs essentiels de tout progrès, risquerait fort de demeurer inefficace.

L. GRANDEAU.

LOI DE RÉPRESSION DES FRAUDES SUR LES ENGRAIS.

Le *Journal officiel* du 7 février 1888 promulgue la loi concernant la répression des fraudes dans le commerce des engrais.

Cette loi est dès aujourd'hui en vigueur. En voici la teneur :

Art. 1er. — Seront punis d'emprisonnement de six jours à un mois et d'une amende de 50 à 2 000 fr. ou de l'une de ces deux peines seulement :

Ceux qui, en vendant ou en mettant en vente des engrais ou amendements, auront trompé ou tenté de tromper l'acheteur, soit sur leur nature, leur composition ou le dosage des éléments utiles qu'ils contiennent, soit sur leur provenance, soit par l'emploi, pour les désigner ou les qualifier, d'un nom qui, d'après l'usage, est donné à d'autres substances fertilisantes.

En cas de récidive, dans les trois ans qui ont suivi la dernière condamnation, la peine pourra être élevée à deux mois de prison et 4 000 fr. d'amende. Le tout sans préjudice du paragraphe 3 de l'article 1er de la loi du 27 mars 1851, relatif aux fraudes sur la quantité des choses livrées, et des articles 7, 8 et 9 de la loi du 23 juin 1857 concernant les marques de fabrique et de commerce.

Art. 2. — Dans les cas prévus à l'article précédent les tribunaux peuvent, en outre des peines ci-dessus portées, ordonner que les jugements de condamnation seront par extraits ou intégralement publiés dans les journaux qu'ils détermineront et affichés sur les portes de la maison et des ateliers ou magasins du vendeur et sur celle des mairies de son domicile et de celui de l'acheteur.

En cas de récidive dans les cinq ans, ces publications et affichages seront toujours prescrits.

Art. 3. — Seront punis d'une amende de 11 à 15 fr. ceux qui, au moment de la livraison, n'auront pas fait connaître à l'acheteur, dans les conditions indiquées à l'article 4 de la présente loi, la provenance naturelle ou industrielle de l'engrais ou de l'amendement vendu et sa teneur en principes fertilisants.

En cas de récidive dans les trois ans, la peine de l'emprisonnement pendant cinq jours au plus pourra être appliquée.

Art. 4. — Les indications dont il est parlé à l'article 3 seront fournies, soit dans le contrat même, soit dans le double de commission délivré à l'acheteur au moment de la vente, soit dans la facture remise au moment de la livraison.

La teneur en principes fertilisants sera exprimée par les poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse contenus dans 100 kilogrammes de marchandise facturée telle qu'elle est livrée, avec l'indication de la nature ou de l'état de combinaison de ces corps, suivant les prescriptions du règlement d'administration publique dont il est parlé à l'article 6.

Toutefois, lorsque la vente aura été faite avec stipulation du règlement du prix, d'après l'analyse à faire sur échantillon prélevé au moment de la livraison, l'indication préalable de la teneur exacte ne sera pas obligatoire, mais mention devra être faite du prix du kilogramme de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse contenus dans l'engrais, tel qu'il est livré, et de l'état de combinaison dans lequel se trouvent ces principes fertilisants. La justification de l'accomplissement des prescriptions qui précèdent sera fournie, s'il y a lieu, en l'absence du contrat préalable ou d'accusé de réception de l'acheteur, par la production, soit du copie de lettres du vendeur, soit de son livre de factures régulièrement tenu à jour et contenant l'énoncé prescrit par le présent article.

Art. 5. — Les dispositions des articles 3 et 4 de la présente loi ne sont pas applicables à ceux qui auront vendu, sous leur dénomination usuelle, des fumiers, des matières fécales, des composts, des gadoues ou boues de ville, des déchets de marchés, des résidus de brasserie, des varechs et autres plantes marines pour engrais, des déchets frais d'abattoirs, de la marne, des faluns, de la tangue, des sables coquilliers, des chaux, des plâtres, des cendres ou des suies provenant des houilles ou autres combustibles.

Art. 6. — Un règlement d'administration publique prescrira les procédés d'analyse à suivre pour la détermination des matières fertilisantes des engrais, et statuera sur les autres mesures à prendre pour assurer l'exécution de la présente loi.

Art. 7. — La loi du 27 juillet 1867 est et demeure abrogée.

Art. 8. — La présente loi est applicable à l'Algérie et aux colonies.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 4 février 1888.
CARNOT.

Par le Président de la République :
Le Ministre de l'agriculture,
VIETTE.

LOI BELGE DU 7 JANVIER 1888 SUR LA FALSIFICATION DES ENGRAIS.

Art. 1er. — Toute livraison de matières simples ou composées, renfermant au moins un des principes fertilisants essentiels (azote, acide phosphorique, potasse), sera accompagnée d'une facture.

Si la facture ne peut être jointe à la livraison, elle devra être expédiée dans le délai à déterminer par arrêté royal.

Elle sera certifiée exacte par le vendeur ou cédant et devra comprendre les indications suivantes :

1° Le nom ou la nature de la matière livrée, suivant que celle-ci est simple ou composée ;

2° Son dosage.

Celui-ci exprimera le nom et la quantité pour cent de chacun des principes fertilisants essentiels, ainsi que l'état chimique sous lequel il se trouve, le tout au moyen des dénominations et de la manière qui seront déterminées par arrêté royal.

Si la livraison a pour objet des tourteaux, la facture exprimera, de la manière qui sera réglée par arrêté royal, la nature de la graine ou des graines dont ils proviennent.

Art. 2. — L'article précédent n'est pas applicable aux livraisons ayant pour objet soit les matières fertilisantes provenant des ressources naturelles de la ferme ou constituant des produits spontanés du sol,

soit les gadoues, cendres, suies, déchets du ménage, des marchés, abattoirs, industries agricoles, soit les simples amendements, si ces diverses matières sont livrées sous leur dénomination exacte et dans leur état naturel.

Art. 3. — Toute infraction à l'article 1er sera punie d'une amende de 1 à 25 fr. et d'un emprisonnement d'un à sept jours, ou de l'une de ces peines seulement.

En cas de récidive endéans l'année de la dernière condamnation pour les mêmes infractions, ces peines pourront être élevées au double.

Art. 4. — Le vendeur ou cédant est admis à prouver, par toutes voies de droit, qu'il s'est conformé à l'article 1er.

Art. 5. — Seront punis d'une amende de 100 à 2,000 fr. et d'un emprisonnement de 15 jours à six mois ou de l'une de ces peines seulement, tous ceux qui auront trompé soit sur un des éléments du dosage, soit en employant, pour désigner ou qualifier une matière, une dénomination qui, dans l'usage, appartient à une autre matière fertilisante.

Ces peines seront applicables à ceux qui auront falsifié un échantillon prélevé en vertu de la présente loi, ainsi qu'à ceux qui, à l'occasion d'une livraison de tourteaux, auront trompé sur leur composition.

En cas de récidive endéans les deux ans de la dernière condamnation pour la même infraction, ces peines pourront être élevées au double.

Art. 6. — Outre les désignations à employer relativement au titre ou au dosage des engrais, un arrêté royal déterminera les mesures d'application et le mode de contrôle à exercer pour assurer l'exécution de la présente loi.

Art. 7. — Le Gouvernement est autorisé à prescrire les mesures nécessaires pour que les matières soumises au régime de la présente loi ne soient pas importées sans être accompagnées de la facture prescrite par l'article 1er ou d'un écrit équivalent.

Promulguons la présente loi, ordonnons qu'elle soit revêtue du sceau de l'État et publiée par la voie du *Moniteur*.

(*Moniteur* du 7 janvier 1888.)

Loi du 29 décembre 1887 sur la falsification des engrais.
Arrêté royal d'exécution.

Art. 1er. — Lorsque la facture exigée par l'article 1er de la loi du 29 décembre 1887 sur la falsification des engrais ne peut être jointe à la livraison, elle doit être envoyée dans les quatre jours qui suivront la remise ou l'expédition de la marchandise.

Art. 2. — Cette facture doit indiquer soit le nom, soit la nature de la matière livrée ; suivant que celle-ci est simple ou composée, on emploiera les dénominations suivantes :

A. Pour les matières simples :

Sulfate d'ammoniaque,
Phosphate d'ammoniaque,
Nitrate de potasse,
Nitrate de soude,
Nitrate double de potasse et de soude,
Nitrate de chaux,
Chlorure de potassium,
Sulfate de potasse,
Phosphate de potasse,
Phosphate de soude,
Sulfate de magnésie,
Sulfate double de potasse et de magnésie,
Kaïnite,
Sels potassiques et magnésiens bruts,
Phosphate minéral,
Phosphate guano,
Cendres d'os,
Noir animal,
Scories de déphosphoration,
Phosphate précipité,
Superphosphate minéral,
Superphosphate riche,
Superphosphate de guano,
Superphosphate d'os,

Superphosphate de noir animal,
Plâtre phosphaté,
Guano brut,
Guano moulu,
Guano dissous (guano traité par l'acide sulfurique),
Poudrettes,
Poudre d'os verts,
Poudre d'os dégélatinés,
Farine d'os dégélatinés,
Farine d'os dégraissés non dégélatinés,
Guano d'engrais de poisson (engrais fabriqué exclusivement à l'aide de déchets de poissons dégraissés),
Poudre de sang,
Poudre de viande,
Poudre de cornes,
Poudre de cuir désagrégé,
Poudre de cuir torréfié,
Déchets de laines,
Laine dissoute,
Soie dissoute (ou autres matières dissoutes) ;

B. Pour les matières composées :

Engrais composés (mélange soit des engrais prénommés entre eux, soit d'un ou plusieurs de ces engrais avec des matières non nuisibles à la végétation, jouant le rôle de substances divisantes ou desséchantes, telles que : plâtre, cendres, tourbe, sciure de bois, sable et terre).

Tout autre engrais doit être désigné par son nom spécifique commercial et, si ce nom n'existe pas, par son nom scientifique.

Art. 3. — Le dosage d'un engrais doit indiquer, pour l'état dans lequel il est livré, sa teneur pour cent en éléments fertilisants spécifiés de la manière suivante :

Azote ammoniacal,
Azote nitrique,
Azote organique,
Azote total,
Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau,

Acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque,

Acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux,

Acide phosphorique total,

Potasse anhydre soluble dans l'eau,

Potasse anhydre totale.

Pour l'azote organique, l'acide phosphorique soluble dans les acides minéraux et la potasse, on indiquera la provenance si le marché le demande.

Les mots « pour cent » dans l'indication du dosage doivent être exprimés en toutes lettres.

Art. 4. — Si la livraison a pour objet des tourteaux, la facture doit spécifier l'espèce et la provenance de la graine ou des graines qui les composent, en se servant des dénominations ci-après, auxquelles on ajoutera les mots « pour engrais » :

Tourteaux de colza,

Tourteaux de navette,

Tourteaux de ravison,

Tourteaux de lin,

Tourteaux d'arachides décortiquées,

Tourteaux d'arachides brutes,

Tourteaux de coton décortiqué,

Tourteaux de coton brut,

Tourteaux de pavot,

Tourteaux de cameline,

Tourteaux de chanvre,

Tourteaux de palmier,

Tourteaux de cocotier,

Tourteaux de sésame,

Tourteaux de ricin,

Tourteaux d'olives,

Tourteaux de mowra,

Tourteaux de maïs,

Tourteaux de germes de maïs,

Tourteaux de tournesol.

Tout autre tourteau doit être désigné par son nom spécifique com-

mercial et, si ce nom n'existe pas, par le nom botanique de la graine ou des graines dont il provient.

Art. 5. — Les directeurs des laboratoires agricoles de l'État et des laboratoires agricoles provinciaux ou communaux subventionnés par le Gouvernement, sont tenus d'aider de leurs conseils les acheteurs d'engrais.

Les agronomes de l'État et leurs adjoints sont tenus des mêmes devoirs et, s'il y a lieu, ils feront ou ils surveilleront la prise d'échantillon quand ils en seront requis par l'une des parties ou par toutes deux.

Art. 6. — La loi sur la falsification des engrais et le présent arrêté seront affichés, d'une manière permanente et visible, dans toutes les communes rurales et publiés, au moins deux fois par an (au mois de février et de septembre), par les journaux des sociétés agricoles agréées par l'État.

Art. 7. — Notre ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Commerce des engrais. — Service des laboratoires agricoles de l'État.

Les laboratoires agricoles sont institués dans le but de permettre au public de faire exécuter dans des établissements convenablement outillés et dirigés par des spécialistes, l'analyse des terres, de matières fertilisantes, de produits agricoles, de substances alimentaires pour le bétail et l'essai des semences. (*Art. 2 du règlement organique des laboratoires agricoles de l'État.*)

Une commission est chargée d'administrer les laboratoires agricoles suivant un règlement à arrêter par le ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics. Elle exerce une haute surveillance sur ces établissements et prend les mesures nécessaires pour en assurer la marche régulière.

Elle envoie chaque année au ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics, un compte rendu de sa gestion, avec ses observations sur l'ensemble des opérations, ainsi que ses propositions en vue des améliorations à apporter, le cas échéant, à l'organi-

sation des laboratoires. (*Art. 4 du règlement organique des laboratoires agricoles de l'État.*)

L'État n'assume aucune responsabilité quant à l'exactitude des opérations chimiques exécutées dans les laboratoires agricoles. Cette responsabilité incombe entièrement aux directeurs. Ceux-ci sont également responsables envers l'État des sommes que la commission administrative met à leur disposition et de celles qu'ils encaissent pour les analyses. (*Art. 5 du règlement organique des laboratoires agricoles de l'État.*)

Les analyses faites par les laboratoires sont payées d'après un tarif arrêté par le ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics.

La commission administrative est autorisée à passer, avec les marchands de matières fertilisantes ou de substances alimentaires pour le bétail, des conventions assurant aux acheteurs le contrôle gratuit de la marchandise fournie. (*Art. 6 du règlement organique des laboratoires agricoles de l'État.*)

En conformité de l'article 6 ci-dessus, la commission administrative des laboratoires agricoles de l'État a modifié comme suit le texte de la convention à passer avec les marchands de matières fertilisantes et de substances alimentaires pour le bétail qui placent leurs ventes sous le contrôle de ces établissements :

Convention relative au contrôle des matières fertilisantes et des substances alimentaires pour le bétail.

Entre soussignés :

M.

domicilié à , d'une part,

et la commission administrative de la station agronomique et des laboratoires agricoles de l'État belge, représentée par son président et son secrétaire, d'autre part, il est convenu ce qui suit :

Art. 1er. — Le contractant de première part place ses ventes de matières fertilisantes ou de substances alimentaires pour le bétail sous le contrôle des laboratoires agricoles de l'État.

Art. 2. — Il garantit sur facture à ses acheteurs de matières ferti-

lisantes, suivant la nature des produits, la teneur pour cent de ceux-ci en :

Azote ammoniacal,

Azote nitrique,

Azote organique,

Azote total,

Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau,

Acide phosphorique anhydre soluble dans l'eau et le citrate d'ammoniaque,

Acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux,

Acide phosphorique anhydre total,

Potasse anhydre soluble dans l'eau,

Potasse anhydre totale.

Pour l'azote organique, l'acide phosphorique soluble dans les acides minéraux et la potasse, il indiquera en outre la provenance, si le marché le demande.

Il garantit à ses acheteurs de substances alimentaires pour le bétail la pureté du produit, ainsi qu'un titre minimum en matières grasses et en matières albuminoïdes et un titre maximum en matières minérales (cendres).

Les mots « pour cent » dans l'indication du dosage seront exprimés en toutes lettres.

Art. 3. — Il s'engage à placer en tête de ses factures et autres imprimés les mots : « *sous le contrôle des laboratoires agricoles de l'État belge* » et à reproduire au verso de ces pièces les articles 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 de la présente convention.

Art. 4. — Toute personne domiciliée en Belgique ayant acheté au dénommé de première part au moins 500 kilogrammes d'une même espèce de matières fertilisantes ou au moins 5000 kilogrammes d'une substance alimentaire pour le bétail, aura le droit, en adhérant à la présente convention, d'en faire analyser un échantillon, *sans frais*, par le laboratoire agricole de l'État qui exerce le contrôle dans la province où elle réside.

Les personnes qui veulent acheter des quantités moindres peuvent s'associer pour bénéficier de l'analyse gratuite du contrôle.

Art. 5. — Le prélèvement des échantillons de contrôle est

une opération importante et délicate, qui doit se faire de manière à donner aux intéressés les garanties qu'ils sont en droit de réclamer[1].

Pour être considérés comme réguliers, ces échantillons doivent avoir été pris, avec les précautions indiquées plus loin, soit de commun accord avec les intéressés, c'est-à-dire en présence du vendeur et de l'acheteur ou de leurs délégués respectifs, soit par le vendeur au lieu de départ du chargement ou par l'acheteur au lieu d'arrivée de celui-ci, en présence de deux témoins honorables sachant lire et écrire[2].

Quand les parties assisteront à l'opération personnellement ou par délégués, il sera prélevé trois échantillons ; lorsqu'elles opéreront séparément, chacune prendra deux échantillons.

On doit procéder avec le plus grand soin à la prise des échantillons.

Pour les engrais et les substances alimentaires à l'état pulvérulent, il convient de sonder plusieurs sacs ou colis au moyen d'une sonde assez longue pour atteindre le milieu de ceux-ci et de mélanger intimement les diverses portions extraites ; si le sondage n'est pas possible, il faut vider plusieurs sacs ou colis sur une aire sèche et propre et prélever les tillons dans le tas, après que celui-ci aura été recoupé un grand nombre de fois à la pelle.

Les échantillons de l'espèce doivent peser au moins un demi-kilogramme chacun.

Pour les tourteaux, il faut casser au moins vingt-cinq pains en très petits morceaux, mélanger ceux-ci et en prendre ensuite des échantillons du poids d'environ un kilogramme chacun.

Chaque échantillon sera mis dans un flacon en verre bien nettoyé et bien sec pour les engrais, dans un sac sans couture ou dans une boîte en métal pour les substances alimentaires, et scellé à la cire ou au plomb, au moyen de deux cachets différents qui seront respectivement fournis par les parties ou par les témoins. Les trois ou les

---

1. La loi sur la falsification des engrais punit d'une amende de 100 fr. à 2000 fr. et d'un emprisonnement de quinze jours à six mois ceux qui auront falsifié les échantillons dont il s'agit.

2. Les agronomes de l'État et leurs adjoints sont tenus de faire ou de surveiller la prise d'échantillons quand ils en sont requis par l'une ou l'autre des parties.

quatre échantillons prélevés comme il est dit plus haut seront expédiés franco, dans le délai de quatre jours, au directeur du laboratoire qui doit faire l'analyse.

Art. 6. — Les échantillons doivent *nécessairement* être accompagnés d'un procès-verbal qui sera dressé conformément au modèle arrêté par la commission administrative de la station agronomique et des laboratoires agricoles de l'État, ou qui constatera tout au moins que ces échantillons proviennent d'une marchandise fournie par une maison placée sous le contrôle desdits laboratoires et qu'ils ont été prélevés dans les conditions prescrites par l'article précédent.

Ce procès-verbal reproduira, sur cire, l'empreinte des deux cachets apposés sur les échantillons et sera signé, suivant le cas, soit par les intéressés ou leurs mandataires, soit par les témoins.

Le procès-verbal doit indiquer l'élément ou les éléments à doser.

En l'absence de cette pièce, ou en cas d'irrégularité dans la prise des échantillons, ceux-ci ne seront pas admis à l'analyse gratuite du contrôle.

Toutefois, si l'acheteur le demande, l'un des échantillons qu'il aura fournis sera analysé à ses frais, à titre de renseignement, sans qu'il puisse baser une réclamation sur le résultat de cette opération.

Le bulletin d'analyse portera la mention suivante : *Analyse faite à titre de renseignement et ne pouvant servir de base à réclamation, par suite d'irrégularité dans la prise d'échantillon.*

Art. 7. — L'analyse de contrôle portera sur l'un quelconque des échantillons s'ils ont été prélevés de commun accord entre le vendeur et l'acheteur et sur l'un des échantillons fournis par l'acheteur, s'il n'y a pas eu entente préalable entre les intéressés.

Dans le premier cas, l'une des parties aura toujours le droit de faire analyser un second échantillon à ses frais, pour vérification, par un autre laboratoire agricole de l'État. Si l'écart entre les deux analyses ne dépasse pas une demi-unité pour les engrais, ou une demi-unité en matières grasses et deux unités en matières albuminoïdes pour les substances alimentaires, leur moyenne sera prise pour base de la transaction ; s'il est plus considérable, une analyse gratuite du dernier échantillon pourra être demandée à un troisième

laboratoire agricole de l'État et l'on adoptera le titre intermédiaire, en écartant le plus faible et le plus élevé.

Dans le second cas, si l'analyse de l'échantillon pris par l'acheteur à l'arrivée de la marchandise constate une différence avec la garantie, le vendeur aura le droit de faire analyser à ses frais, par un deuxième laboratoire de l'État, l'un des échantillons qu'il aura prélevés ; si les parties n'arrivent pas à une transaction au moyen de deux analyses ainsi effectuées, elles feront analyser à frais communs le mélange des deux échantillons restants par un troisième laboratoire agricole de l'État, et l'on adoptera, comme ci-dessus, le titre intermédiaire pour le règlement de la facture.

En prévision des diverses analyses dont il vient d'être question, les échantillons tenus en réserve seront conservés par le directeur du laboratoire qui les aura reçus, pendant trois mois s'il s'agit de matières fertilisantes et pendant deux mois s'il s'agit de matières alimentaires.

Art. 8. — L'intéressé qui veut obtenir une analyse contradictoire par un second ou, le cas échéant, par un troisième laboratoire agricole de l'État, est tenu d'adresser à cet effet une demande au président de la commission administrative (rue Latérale, n° 1, à Bruxelles), en y désignant le laboratoire qui doit être chargé de l'opération.

Ladite commission réclamera alors, au directeur de l'établissement qui a fourni la première analyse de contrôle, l'échantillon à soumettre à l'analyse contradictoire et le fera parvenir au laboratoire indiqué.

Art. 9. — Le bulletin de l'analyse sera envoyé à l'acheteur et au vendeur, autant que possible dans la huitaine, à partir du jour de l'arrivée des échantillons au laboratoire pour les matières premières et dans la quinzaine pour les engrais composés.

Si le vendeur n'est point connu, le duplicata qui lui est destiné sera remis à l'acheteur, qui devra l'expédier au premier endéans les quatre jours de la réception, sous peine de perdre son droit à réclamation. En ce cas, il sera fait mention, en tête dudit duplicata, de cette obligation imposée à l'acheteur.

Tout directeur de laboratoire, après qu'il a expédié les bulletins d'analyse relatifs à une fourniture contrôlée, est en droit d'exiger de l'acheteur communication de la facture qui s'y rapporte.

Art. 10. — Dans le cas où le titre donné par l'analyse de contrôle

serait inférieur au dosage garanti de plus d'une demi-unité pour les engrais ou de plus d'une demi-unité en matières grasses et de plus de deux unités en matières albuminoïdes pour les substances alimentaires (écart admissible ou latitude d'analyse), le contractant de première part s'engage à faire, pour le surplus, une diminution de prix calculée d'après la valeur facturée des éléments qui manquent. La réduction peut être fixée de commun accord par les parties intéressées ou, si l'une des deux parties le demande, par le directeur du laboratoire dans le ressort duquel l'acheteur se trouve.

Art. 11. — Pour couvrir les frais du contrôle, le dénommé de première part payera en deux termes, dans le courant du mois de janvier et du mois de juillet de chaque année, la somme de. . . . . [1], entre les mains du secrétaire de la commission administrative de la station agronomique et des laboratoires agricoles de l'État.

Il est accordé au contractant de première part une réduction de 25 p. 100 sur les prix du tarif officiel pour toutes les analyses qu'il demandera à ces laboratoires en dehors de celles qui se rapportent aux opérations du contrôle.

Art. 12. — Si le contractant de première part vient à être déclaré judiciairement coupable de vol ou de concurrence déloyale, ou s'il ne remplit pas les obligations stipulées dans la présente convention, le contrôle lui sera retiré, sans que cette mesure entraîne aucune responsabilité pour la commission administrative qui l'aura prise ni pour aucun de ses membres.

Art. 13. — La présente convention peut être résiliée de part et d'autre au 31 décembre de chaque année, moyennant un préavis de quinze jours.

Fait en double, à Bruxelles, le. . . . . . 188 .

Le Contractant de première part,

Pour la commission administrative de la station agronomique et des laboratoires agricoles de l'État belge :

Le Secrétaire, *Le Président,*

1. Cette somme sera fixée eu égard à l'importance des ventes et au nombre présumé d'analyses à faire.

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL DE LA RÉUNION ANNUELLE DES DIRECTEURS DES LABORATOIRES AGRICOLES DE L'ÉTAT

Méthode de convention pour le dosage de l'acide phosphorique « soluble dans l'eau et le citrate d'ammoniaque » dans les engrais.

MM. Crispo, Mercier, de Molinari, Glasmacher, Warsage, Claes et Masson, respectivement Directeurs des laboratoires agricoles de l'État à Anvers, Hasselt, Liège, Gand, Mons, Louvain et Gembloux, se sont réunis le 21 février et le 29 mars 1888, sous la présidence de M. Petermann, directeur de la Station agronomique de l'État à Gembloux, délégué de la Commission administrative desdits établissements et ont rédigé de commun accord la marche suivante pour le dosage de l'acide phosphorique « soluble dans l'eau et le citrate d'ammoniaque ».

Cette convention modifie celle passée d'abord en 1877 et renouvelée en 1884 [1].

La marche adoptée étant basée sur le même principe que celle usitée jusqu'à présent, modifiant celle-ci seulement dans les détails opératoires et fournissant d'ailleurs des résultats sensiblement les mêmes que l'ancienne méthode, sera appliquée dès maintenant :

2 grammes de superphosphate ordinaire ou 1 gramme de superphosphate riche (titrant au delà de 20 p. 100) sont triturés dans un mortier sous l'eau ; on jette sur un filtre et on continue le lavage jusque environ 200 centim. cubes ; on ajoute au filtrat environ

1. Voir *Bulletin de la Station agronomique de Gembloux,* n° 33, et *Bulletin du Ministère de l'agriculture,* t. I.

1 centim. cube d'acide nitrique et le volume de la solution est porté à 250 centim. cubes.

Le filtre et l'insoluble sont introduits directement dans un ballon jaugé de 250 centim. cubes avec 50 centim. cubes de citrate d'ammoniaque alcalin (formule Petermann [1]) ; on met digérer pendant une heure dans un bain-marie dont la température est maintenue de 38° à 40° C.

Après refroidissement rapide, on remplit à la marque avec de l'eau distillée.

De cette liqueur filtrée, on prélève 50 centim. cubes auxquels on ajoute 50 centim. cubes de la solution aqueuse ; ce mélange rendu acide est précipité par une quantité suffisante, soit environ 100 centim. cubes de nitro-molybdate d'ammoniaque [2].

Le reste de l'analyse se continue comme pour un dosage ordinaire d'acide phosphorique, soit dissolution du phospho-molybdate dans l'ammoniaque et précipitation par la mixture de magnésie [3].

Pour les engrais composés titrant au-dessous de 10 p. 100 d'acide phosphorique, la prise d'essai est de 4 grammes; pour ceux dont le titre est supérieur à 10 p. 100, la prise d'essai reste fixée à 2 grammes comme pour les superphosphates ordinaires.

Pour les phosphates précipités, un gramme est traité avec 100 centim. cubes de citrate d'ammoniaque alcalin.

---

1. Préparation du citrate d'ammoniaque adoptée en 1877 : 500 grammes d'acide citrique sont dissous dans l'ammoniaque concentrée (D. 0, 92), jusqu'à réaction neutre. Il faut environ 700 centim. cubes et il est recommandé, pour éviter un trop fort échauffement, de recouvrir au préalable, d'eau distillée, les cristaux d'acide citrique. On amène la concentration du liquide à la densité de 1.09 à 15° cent. et alors on ajoute par litre 50 centim. cubes d'ammoniaque concentrée (D. 0, 92).

2. Préparation du nitro-molybdate d'ammoniaque : 100 grammes d'acide molybdique, 450 grammes d'ammoniaque, d'une densité de 0,96, 1250 grammes d'acide azotique, d'une densité de 1,20. On laisse reposer 48 heures et on filtre. (Convention du 27 janvier 1886.)

3. Préparation de la mixture de magnésie : 100 grammes de chlorure de magnésium cristallisé, 200 grammes de chlorure d'ammonium, 400 grammes d'ammoniaque, d'une densité de 0,96. On porte le volume à 1250 cent. cubes avec de l'eau distillée et on filtre après repos. (Convention du 27 janvier 1886.)

RECHERCHES

SUR LA

CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

Essais sur l'application du chlorure de potassium à la betterave à sucre en terre forte.

Une récolte de 40 000 kilogr. de betteraves à sucre enlève au sol qui l'a produite environ 64 kilogr. d'azote, 32 kilogr. d'acide phosphorique et 156 kilogr. de potasse [1].

La proportion considérable de ce dernier élément a, dès les premières étapes de l'emploi des engrais artificiels, attiré l'attention des agronomes sur la nécessité de restituer sous forme de sels alcalins la potasse enlevée au sol.

Mais les résultats obtenus n'ont guère été conformes aux prévisions ; il suffit, en effet, de parcourir les traités spéciaux et d'examiner surtout le résumé si complet, publié par Märcker [2], de presque tous les essais de fumure à l'aide de sels de potasse exécutés en Allemagne, en France et en Angleterre, pour se convaincre qu'il n'existe peut-être pas de question de chimie agricole sur laquelle l'accord soit si peu fait que sur celle de l'application comme engrais des sels potassiques.

1. *La Composition moyenne des principales plantes cultivées*, par A. PETERMANN, 3e édition.
2. *Die Kalisalze und ihre Anwendung in der Landwirthschaft.*

Malgré toutes les contradictions dans les résultats obtenus par les divers expérimentateurs, un fait est néanmoins fréquemment observé dans ces recherches : c'est l'effet nuisible exercé par les sels de potasse et particulièrement par le chlorure de potassium sur la production de la fécule dans la pomme de terre et sur celle du sucre dans la betterave. « Il faut, dit Wolff, être circonspect lors de l'emploi des engrais potassiques, tout particulièrement à la betterave à sucre, afin d'éviter leur action nuisible sur la qualité du produit principal[1]. »

Il ressort aussi de beaucoup d'études publiées sur la question qui nous occupe que ce n'est pas chez les plantes de la grande culture les plus riches en potasse, que la végétation est le plus favorisée par l'application de sels potassiques.

La richesse naturelle en potasse du sol arable ne suffit pas pour expliquer cette contradiction entre les déductions de la théorie et les résultats de la pratique. Il est vrai, d'une part, que la majorité des terres affectées à la culture de la betterave à sucre sont relativement riches en potasse : Märcker a constaté dans la province de Saxe 0.97 à 2.34, Joulie dans l'Oise et le Nord 0.66 à 3.6, Nantier dans la Somme 1.000, Grandeau et nous dans les terres noires de Podolie 1.3 à 3.3 de potasse pour mille et le sol sablo-argileux de Gembloux nous en a donné 0.76 pour mille. Mais on sait, d'autre part, que ces titres représentent la proportion de potasse soluble dans l'acide chlorhydrique, réactif énergique qui met naturellement en solution non seulement la partie immédiatement assimilable, mais aussi une partie au moins de la réserve du sol.

Les chimistes agricoles — et Wagner insiste beaucoup sur ce point dans ses écrits — ont donc été amenés par la force des choses à attribuer à certaines plantes une aptitude toute spéciale à retirer la potasse qui leur est nécessaire, même des combinaisons les plus insolubles et de dissolutions très diluées. Dans ce cas, une fumure *directe* avec un engrais potassique peut donc être inutile et il serait plus rationnel d'appliquer les sels de potasse en excès à la récolte précédente. Tout en évitant l'action nuisible de certaines combinai-

1. *Les Engrais.* Traduction de A. Damseaux.

sons potassiques, on respecterait la loi de la restitution. Ceci est en effet indispensable : les besoins de la betterave en cet élément sont très grands et M. Kohlrausch et nous[1], avons reconnu, dans des essais de culture établis dans un sol artificiel exempt de potasse, que la formation du sucre est en rapport avec la quantité de cet élément ajoutée. L'utilité de la potasse comme élément nutritif n'est donc pas en cause, mais la question est de savoir quels sont l'état chimique et le mode d'application le plus convenables pour fournir à la betterave la potasse qui lui est nécessaire pour sa croissance normale.

Tel était à peu près l'état de nos connaissances en cette matière depuis la publication du travail de Märcker cité plus haut.

L'importance que possède cette question pour la production de la betterave en Belgique, où cette culture se fait presque exclusivement en sol argilo-sablonneux et sablo-argileux, nous a engagé à contribuer par des essais personnels à élucider les doutes qui existent sur l'efficacité des engrais potassiques.

La première question que nous nous sommes posée est celle-ci : *Le chlorure de potassium convient-il pour être employé directement à la betterave à sucre en sol sablo-argileux en bon état de culture?*

Ces essais ont été entrepris en 1883 et 1884.

Quoique les résultats auxquels nous étions arrivé pendant ces deux années fussent suffisamment concordants, nous avons voulu, avant de les publier, les contrôler par une troisième année d'expériences. C'est ce qui a pu être fait seulement en 1887, les champs d'expériences étant occupés en 1885 par l'étude d'autres questions.

Expériences de 1883[2].

Champ d'expériences établi à Gembloux, sol sablo-argileux. Surface des parcelles : $6^m,40/14^m,60 = 93^{m^2},44$.

16 lignes à 58 poquets, soit 928 plants, nombre qui a été main-

---

1. *Organ des Vereins für Rübenzucker-Industrie,* 1872.

2. Nous avons exécuté les expériences de 1883 et 1884 avec le concours de M. Warsage, actuellement directeur du laboratoire agricole de l'État, à Mons, et de M. de Marneffe, préparateur-chimiste. Le premier a été chargé de la surveillance des opérations culturales, le second, des analyses.

tenu pendant toute la durée de l'expérience, en procédant à deux reprises différentes au repiquage des quelques betteraves manquantes.

Variété : Breslau acclimatée par Vilmorin.

Dose et composition des engrais à l'hectare (point de fumier de ferme).

Fumure principale :

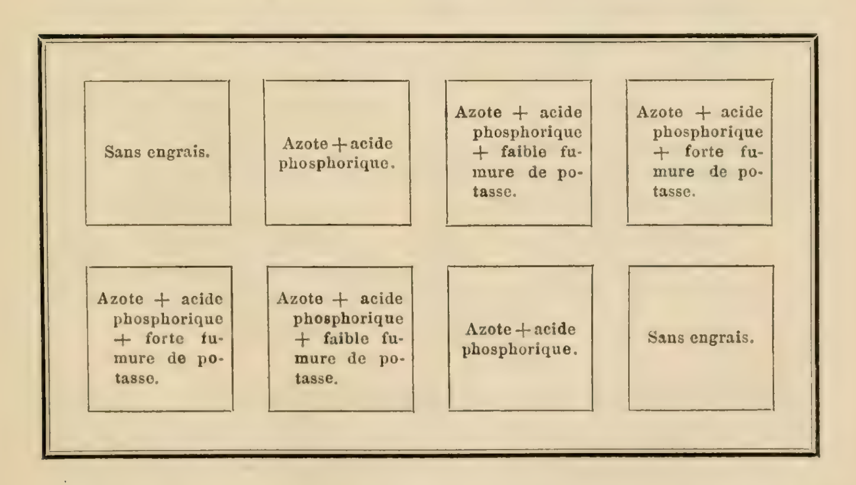
500 kilogr. de nitrate de soude (15.53 p. 100 d'azote nitrique).

800 kilogr. de superphosphate de chaux (14.51 p. 100 d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin).

Fumure additionnelle :

Ire série. — 144^kg,7 de chlorure de potassium (51.84 p. 100 de potasse anhydre soluble dans l'eau) = 75 kilogr. de potasse à l'hectare. — IIe série. — 289^kg,4 de chlorure de potassium = 150 kilogr. de potasse à l'hectare.

Les engrais ont été semés à la volée le 24 avril et enterrés ensuite à la bèche à la profondeur de 20 centimètres. La disposition des carrés d'essais est figurée sur le plan suivant :



25 avril : Plantation. — 8 mai : Commencement de la levée. — 16 mai : Levée complète. — 22 mai : Premier binage. — 8 juin : Second binage et démariage. — 10 octobre : Récolte.

Eau tombée du 26 avril au 10 octobre : 404^mm,5. — Durée de la

végétation : 155 jours. — Les racines sont restées un jour étalées sur le sol, elles ont été soigneusement nettoyées et pesées ensuite. La quantité de terre restée adhérente, malgré le nettoyage, a été déterminée pour chaque parcelle isolément et l'on a tenu compte de l'influence exercée par les betteraves des bords des parcelles, qui sont toujours plus fortes que celles de l'intérieur[1].

Rendement en kilogr. et richesse saccharine des betteraves du champ d'expériences de 1883.

	FEUILLES par hectare.	RACINES par hectare.	RAPPORT des racines aux feuilles.	SUCRE p. 100 de betteraves.	SUCRE produit à l'hectare en kilogr.
	—	—	— 1 :	—	—
1ª Sans engrais	25685	47827	0.54	11.26	»
1ᵇ —	23758	50792	0.47	11.67	»
Moyennes	24722	49310	0.51	11.47	5656
2ª Azote + acide phosphorique. .	40203	66027	0.61	12.66	»
2ᵇ — — . .	36210	61873	0.58	12.51	»
Moyennes	38207	63950	0.60	12.59	8051
3ª Azote + acide phosphorique + faible fumure de potasse. . .	34835	66074	0.53	11.48	»
3ᵇ Azote + acide phosphorique + faible fumure de potasse. . .	32106	64554	0.50	11.90	»
Moyennes	33471	65314	0.52	11.69	7635
4ª Azote + acide phosphorique + forte fumure de potasse. . .	33604	66748	0.50	10.62	»
4ᵇ Azote + acide phosphorique + forte fumure de potasse . . .	31571	65871	0.48	10.40	»
Moyennes	32588	66310	0.49	10.51	6969

EXPÉRIENCES DE 1884.

Les essais de 1884 ont été disposés absolument comme ceux de 1883. Les parcelles se trouvaient dans le même champ à côté de l'emplacement occupé par l'expérience de l'année précédente.

Variété : Klein Wanzleben originale (Rabbethge et Giesecker). Mêmes engrais et même proportion qu'en 1883.

---

1. Nous avons établi, lors des expériences antérieures, que cette influence produit pour des parcelles d'une are une augmentation d'environ 2 p. 100 de la récolte totale.

19 avril : Les engrais ont été semés à la volée et enterrés ensuite à la bèche à la profondeur de 20 centimètres. — 21 avril : Plantation. — 6 mai : Levée des parcelles sans engrais. — 8 mai : Levée des autres parcelles. — 14 mai : Premier binage. — 26 mai : Second binage, éclaircissage. — 13 juin : Dernier binage et démariage, — Récolte le 27 octobre, après une durée de la végétation de 174 jours.

Eau tombée du 21 avril au 27 octobre : 401 millimètres.

Rendement en kilogr. et richesse saccharine des betteraves du champ d'expériences de 1884.

	FEUILLES par hectare.	RACINES par hectare.	RAPPORT des racines aux feuilles.	SUCRE p. 100 de betteraves.	SUCRE produit à l'hectare en kilogr.
	—	—	—	—	—
			1 :		
1ª Sans engrais.	25620	52711	0.49	11.55	»
1ᵇ —	24212	49320	0.49	11.81	»
Moyennes. . . .	24916	51016	0.49	11.68	5959
2ª Azote + acide phosphorique. .	41165	69829	0.59	12.42	»
2ᵇ — — . .	38940	65185	0.60	12.45	»
Moyennes. . . .	40053	67507	0.60	12.44	8398
3ª Azote + acide phosphorique + faible fumure de potasse. . .	40205	70953	0.57	11.78	»
3ᵇ Azote + acide phosphorique + faible fumure de potasse. . .	37500	67481	0.56	11.94	»
Moyennes. . . .	38853	69217	0.57	11.86	8209
4ª Azote + acide phosphorique + forte fumure de potasse. . .	43004	68906	0.62	11.57	»
4ᵇ Azote + acide phosphorique + forte fumure de potasse. . .	44884	72629	0.62	11.37	»
Moyennes. . . .	43944	70768	0.62	11.47	8117

EXPÉRIENCES DE 1887[1].

Le champ est celui qui a servi précédemment aux essais de 1884. Depuis, il a porté, sans engrais, en 1885 des féveroles et en 1886

1. Nous avons été assisté dans les essais de 1887 par M. de Marneffe, qui s'est occupé particulièrement du champ, et par M. Graftiau, qui a exécuté les analyses des engrais et des betteraves.

du froment, afin d'épuiser le sol en arrière-engrais et de rendre les parcelles homogènes sous ce rapport et partant comparables. Tout le champ a été bêché en novembre 1886. — Surface des parcelles: $6^m,40/14^m,84 = 95^{m^2}$.

Dose et composition des engrais à l'hectare (point de fumier de ferme).

Fumure principale :

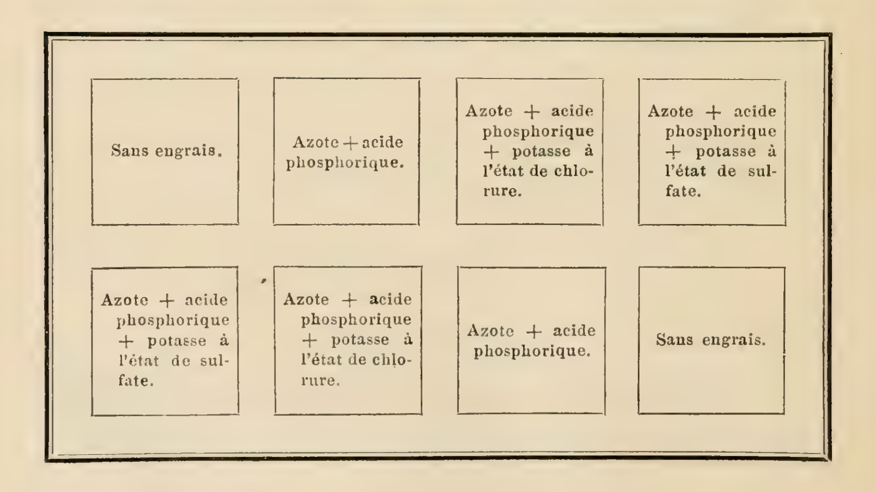
400 kilogr. de nitrate de soude (15.51 p. 100 d'azote nitrique).

819 kilogr. de superphosphate (12.21 p. 100 d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin).

Fumure additionnelle :

75 kilogr. de potasse anhydre à l'hectare donnés, dans deux essais, à l'état de chlorure de potassium (titrant 48.39 p. 100 de potasse anhydre soluble dans l'eau) ; dans deux autres, à l'état de sulfate de potassium (titrant 47.54 p. 100 de potasse anhydre soluble dans l'eau).

Les engrais ont été appliqués le 4 avril ; semés à la volée, ils ont été enterrés ensuite à la bêche à 20 centimètres de profondeur. Le champ a été ensuite hersé et roulé. La disposition des carrés d'essais était la suivante :



19 avril : Plantation à raison de 36 kilogr. de graine à l'hectare. Variété : Impériale blanche, reproduction de MM. Montois et Minet,

à Lille. Chaque parcelle de 95^{m2} comptait 15 lignes à 40 centimètres de distance et 79 poquets à $0^m,183$ de distance moyenne, soit 1,185 plants par parcelle. — 2 mai : Commencement de la levée. — 4 mai : Toutes les lignes sont bien marquées. — 6 mai : Levée complète et très régulière. — 10 mai : Premier binage. — 1er juin : Deuxième binage et démariage. La longue période de sécheresse qui a régné en 1887, à partir de cette époque, a arrêté le développement des betteraves, mais elles ont traversé heureusement cette crise et, vers la mi-juillet, l'essai pouvait être considéré comme réussi. — 24 octobre : Récolte après une végétation de 175 jours ; hauteur de pluie pendant l'expérience : 360 millimètres, donc moins qu'en 1883 et qu'en 1884. La pesée des betteraves ayant dû être faite pendant une période de pluie, nous avons été obligé de renoncer à prendre le poids des feuilles, celles-ci étant trop mouillées. L'analyse des betteraves a été faite par l'épuisement alcoolique.

Rendement en kilogr. et richesse saccharine des betteraves du champ d'expériences de 1887.

	RACINES par hectare.	SUCRE p. 100 de betteraves.	SUCRE produit à l'hectare.
1a Sans engrais	42369	»	»
1b —	45494	»	»
Moyennes	43932	14.53	6384
2a Azote + acide phosphorique	46764	»	»
2b — —	49365	»	»
Moyennes	48065	15.00	7210
3a Azote + acide phosphorique + potasse comme chlorure	48664	»	»
3b Azote + acide phosphorique + potasse comme chlorure	49465	»	»
Moyennes	49065	14.03	6884
4a Azote + acide phosphorique + potasse comme sulfate	49116	»	»
4b Azote + acide phosphorique + potasse comme sulfate	49211	»	»
Moyennes	49164	14.32	7040

Discussion des expériences de 1883, 1884 et 1887.

En examinant les chiffres des trois tableaux précédents, on constate tout d'abord, comme dans toutes nos recherches antérieures, l'excellent effet produit sur la betterave à sucre par un mélange de nitrate de soude et de superphosphate de chaux ; le rendement comme la richesse ont été des plus favorablement influencés.

	1883.	1884.	1887. Année sèche.
	—	—	—
Augmentation du rendement en kilogr. à l'hectare.	14640	16491	4133
— de la richesse en p. 100 de la betterave.	1.12	0.76	0.47

Passons maintenant au point principal que nous avons cherché à élucider dans cette étude : Quelle a été l'influence de l'addition de chlorure de potassium à la formule-type de superphosphate azoté?

La comparaison des parcelles « azote + acide phosphorique » avec les parcelles « azote + acide phosphorique + potasse » nous fournit les résultats suivants :

	1883.	1884.	1887. Année sèche.
	—	—	—
Augmentation du rendement en kilogr. à l'hectare produit par 75 kilogr. de potasse	1364	1710	1000
Augmentation du rendement en kilogr. à l'hectare produit par 150 kilogr. de potasse.	2360	3261	»

Le surcroît de récolte obtenu par l'emploi de la potasse est peu important; il atteint pour la *faible fumure* de potasse respectivement 2.1, 2.5 et 2.2 p. 100 et pour la *forte fumure* 3.7 et 4.8 p. 100. Mais, quoique ces augmentations de poids tombent encore dans les limites des écarts que l'on observe dans des expériences de culture pour des parcelles identiquement traitées, nous n'hésitons pas à les attribuer à la potasse, vu la régularité avec laquelle elles se sont produites dans tous nos essais. Nous rencontrons, en effet, cette majoration de la récolte dans toute la série des expériences pour les trois variétés de betteraves employées et dans trois années d'essais.

Si un effet favorable du chlorure de potassium sur la production

nous paraît indiscutable, l'application de cette matière fertilisante a produit, d'autre part, une dépression de l'élaboration saccharine. Le relevé suivant l'établit nettement :

	1883.	1884.	1887.
	—	—	—
Richesse saccharine des betteraves sans engrais.	11.47	11.68	14.53
— — au superphosphate nitrique sans fumure potassique au chlorure	12.59	12.44	15.00
Richesse saccharine des betteraves au superphosphate nitrique avec faible fumure potassique au chlorure	11.69	11.86	14.03
Richesse saccharine des betteraves au superphosphate nitrique avec forte fumure potassique au chlorure	10.51	11.47	»

La diminution de la richesse sous l'influence de l'engrais potassique est très sensible. La fumure de 150 kilogr. de chlorure de potassium a même, pendant les années humides, complètement annulé l'effet favorable exercé sur la formation du sucre par une application de superphosphate azotée à dose raisonnable.

Porté à 300 kilogr. à l'hectare, le chlorure de potassium fait même descendre le titre en dessous de la richesse de la betterave produite sans aucun engrais. En 1887, année excessivement sèche, une dose de 150 kilogr. de chlorure de potassium a déjà occasionné le même effet nuisible : abaissement de la richesse en dessous de celle des betteraves sans engrais. Le chlorure de potassium a donc été dans nos essais manifestement nuisible à la formation du sucre.

Cette dépression de la richesse saccharine constatée dans tous nos essais est-elle compensée au moins par l'accroissement en poids de la récolte ? Nullement.

Le but de la culture betteravière étant évidemment de produire au plus bas prix possible le plus de sucre à l'hectare, c'est naturellement à ce point de vue surtout que nous devons apprécier les résultats de nos recherches.

Kilogrammes de sucre produit à l'hectare.

	1883.	1884.	1887.
	—	—	—
Moyenne des parcelles sans engrais.	5656	5959	6384
— au superphosphate nitrique.	8051	8398	7210
— au superphosphate nitrique + 75 kilogr. de potasse	7635	8209	6881
Moyenne des parcelles au superphosphate nitrique + 150 kilogr. de potasse.	6969	8117	»

Il est donc incontestable que dans nos expériences la fumure potassique a constitué en perte, que l'on peut aisément traduire en argent lorsqu'on compte le chlorure de potassium à 20 fr. les 100 kilogr., frais de port et d'application compris, et la betterave au prix de 20 fr. les 1000 kilogr. titrant 11 p. 100 avec majoration ou diminution de 3 fr. par kilogramme de sucre en plus ou en moins.

Essais avec 150 kilogr. de chlorure de potassium à l'hectare.

	1883.	1884.	1887.
Frais de fumure	30f,00c	30f,00c	30f,00c
Dépréciation de la récolte.	142 56	78 85	110 78
Perte totale	172f,56c	108f,85c	140f,78c

Ces chiffres sont naturellement plus élevés encore pour les deux séries à 300 kilogr. de chlorure de potassium.

Nous avions au commencement de 1887 l'intention d'étendre nos recherches à d'autres sels de potasse, particulièrement au sulfate et au phosphate. Ces essais doivent nécessairement être établis à côté d'essais au chlorure, mais notre champ étant occupé par une étude sur les scories de déphosphoration, commencée déjà avant l'hiver de 1887, nous n'avons pu consacrer que deux parcelles au sulfate de potasse. L'effet produit ne diffère guère de celui obtenu par le chlorure : légère augmentation du rendement, mais diminution de la richesse saccharine, un peu moins sensible pourtant que celle produite par la potasse à l'état de chlorure. Comme nous n'avons encore que l'expérience d'une seule année, nous ne nous y arrêterons pas et nous ne citons l'essai qu'à titre de simple renseignement.

Nous pensons pouvoir résumer de la manière suivante les conclusions à tirer des recherches dont nous venons de rendre compte :

Dans le sol sablo-argileux du champ d'expériences de Gembloux, renfermant 0.78 pour mille de potasse anhydre soluble dans l'acide chlorhydrique, le chlorure de potassium, additionné au superphosphate nitrique, à la dose de 75 et de 150 kilogr. de potasse à l'hectare, a faiblement augmenté le poids de la récolte de la betterave, et cela

dans trois années d'expérimentation avec diverses variétés. Mais cet engrais potassique a exercé une dépression de la richesse saccharine si sensible que, malgré l'augmentation du rendement, le poids du sucre produit à l'hectare s'est considérablement abaissé et a constitué cette culture en perte.

Conformément à nos recherches antérieures, la fumure de 400 à 500 kilogr. de nitrate de soude et de 800 kilogr. de superphosphate de chaux a été aussi, dans ces nouveaux essais, une source de bénéfice, même très considérable dans les années relativement humides de 1883 et 1884.

Les résultats des recherches que nous venons de résumer sont assez concordants et concluants pour engager le producteur de betteraves à sucre, se trouvant dans les mêmes conditions de sol et de culture, à répéter nos essais.

Préoccupés de la teneur en potasse de la betterave que la chimie leur renseigne et gagnés à la doctrine de la restitution, beaucoup de cultivateurs appliquent directement à la betterave à sucre des doses plus ou moins élevées de chlorure de potassium. Mais il me paraît maintenant plus que probable que dans beaucoup de cas cette fumure les constituera en perte sérieuse.

Le chlorure de potassium est-il nuisible également lorsqu'on l'applique avant l'hiver ou même à la récolte précédente, pratique qui permet d'espérer des doubles décompositions ayant pour résultat la descente vers les couches profondes des chlorures de sodium, de calcium et de magnésium, et l'absorption par les particules terreuses de la potasse à l'état de carbonate, de phosphate ou d'humate? Faudra-t-il s'imposer l'achat de la potasse à l'état de sulfate, de carbonate, de phosphate ou même de nitrate, combinaisons dans lesquelles elle est cotée à un prix plus élevé que dans le chlorure? Ce sont là des questions dont la solution est l'objectif de nos recherches actuellement en cours.

LE

FUMIER DE TOURBE

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

On sait depuis longtemps que la tourbe sèche convient fort bien à l'absorption des excréments des hommes et des animaux.

De toutes les matières employées comme litière, c'est la tourbe qui, pour un même poids, absorbe le plus grand volume d'eau. Le tableau suivant nous donne à cet égard des chiffres intéressants :

100 kilogr. de genêt retiennent	111 litres.	Petermann.
— de bruyère retiennent	190 —	Petermann.
— de fougère retiennent	212 —	Petermann.
— de paille de froment retiennent	254 —	Petermann.
— — de seigle retiennent	389 —	Fleischer.
— de tourbe retiennent	895 —	Fleischer.
— — —	7 à 900 —	Wolff.

Le pouvoir absorbant de la tourbe pour les gaz n'est pas moins considérable. L'atmosphère de deux écuries de l'école vétérinaire de *Hanovre*, offrant les mêmes dimensions, 3m,40 de long, 4 mètres de large, sur 4m,20 de haut, dans chacune desquelles étaient logés deux chevaux se trouvant dans les mêmes conditions, renfermait par litre les quantités suivantes d'ammoniaque exprimées en grammes :

	Ire ÉCURIE. Litière de paille.	IIe ÉCURIE. Litière de tourbe.
1er jour	0.0012	0.0000
2e —	0.0028	0.0000
3e —	0.0045	0.0000
4e —	0.0081	0.0000
5e —	0.0153	Traces.
6e —	0.0168	0.0010

En ajoutant à la propriété précieuse que possède la tourbe de retenir fortement l'ammoniaque liquide et gazeuse, cet autre avantage qu'elle renferme déjà elle-même une assez forte proportion d'azote (0.5 à 2.0 p. 100), on comprend que le fumier de tourbe doit être plus riche que le fumier à base de litière pailleuse.

Si, malgré ces excellentes qualités, l'emploi de la tourbe comme litière — en dehors des cas spéciaux de quelques fermes possédant elles-mêmes des tourbières — n'a progressé que lentement et n'a pris un développement quelque peu important que depuis trois ou quatre ans, il faut en trouver la raison principalement dans les trois causes suivantes : 1° toutes les tourbes ne conviennent pas ; 2° la tourbe, pour fournir une bonne litière, exige une préparation spéciale ; 3° le cultivateur a des doutes sur l'efficacité du fumier de tourbe.

Les deux premiers points sont entièrement résolus depuis que l'on se borne à l'utilisation de la tourbe « mousseuse » et depuis que des fabriques spéciales soumettent celle-ci, après dessiccation, à un cardage mécanique.

La tourbe-litière préparée industriellement se présente en effet maintenant à l'état spongieux ; elle est fibreuse, sèche sans être poussiéreuse. Comprimée fortement en balles, comme on le fait pour le transport du foin, la tourbe-litière n'est pas encombrante. Son prix, 3 à 4 fr. les 100 kilogr., est très abordable lorsqu'on tient compte de ce que, d'après les chiffres cités plus haut et les enseignements de la grande pratique, 100 kilogr. produisent le même effet comme litière que 210 à 225 kilogr. de paille et de la grande supériorité de la tourbe comme matière absorbante de l'ammoniaque.

L'efficacité du fumier de tourbe est constatée par de nombreux expérimentateurs. Résumant les recherches faites à cet égard, M. Fleischer, directeur de la station agronomique de Brême, a nettement établi que le fumier de tourbe peut être employé aussi bien que le fumier ordinaire en terre légère, sablonneuse, calcaire, argilo-sablonneuse et sablo-argileuse. Pour le moment, en attendant des essais plus nombreux, on ne doit pas l'appliquer aux terres argileuses proprement dites, terres « lourdes », surtout lorsqu'elles ne sont pas drainées. Le pouvoir absorbant excessivement énergique de la tourbe pour l'eau rendrait ces terres encore plus humides et

compactes, entravant ainsi la nitrification, et paralyserait les bons effets sur lesquels on a le droit de compter en enterrant une forte quantité de matières organiques sous forme de fumier.

Quant à la composition du fumier de tourbe, on consultera utilement le tableau ci-après donnant les résultats des analyses faites à la station agronomique dans les dernières années.

Ces chiffres montrent le bon emploi que l'on peut faire de la tourbe-litière lorsque l'on veut ou doit réduire l'application des pailles, soit pour cause de pénurie, soit que l'on trouve plus économique leur utilisation dans l'industrie ou comme fourrage, question sur laquelle M. Lecouteux a insisté dernièrement, avec beaucoup de raison, dans le *Journal d'agriculture pratique.*

Le second tableau démontre qu'en *moyenne* le fumier de tourbe est plus riche en éléments fertilisants que le fumier à litière de paille.

La propagation de l'emploi de la tourbe-litière constituerait par conséquent un progrès réel. Malheureusement, elle se heurte contre cette difficulté : les baux interdisent généralement la vente des pailles. Il est cependant hors de doute que le grand principe de la conservation de la fertilité du sol serait parfaitement garanti par le rachat d'un poids de tourbe sèche, moitié de celui de la paille exportée.

Composition du fumier de tourbe à l'état frais.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Eau	695.15	787.00	553.09	648.50	705.10	719.50	»	»	»
Matières organiques[1]	273.09	183.08	345.75	278.50	218.90	225.00	»	»	»
— minérales[2]	31.76	29.92	101.16	73.00	76.00	55.50	»	»	»
	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	»	»	»
1. Renfermant :									
Azote ammoniacal	1.37	1.43	1.03						
— organique soluble	1.43	1.62	1.60						
— — insoluble	3.71	2.25	7.01						
Azote total	6.51	5.30	9.64	6.00	7.20	5.10	5.50	6.10	3.67
2. Renfermant :									
Potasse anhydre totale	4.05	4.98	8.19	6.10	4.60	9.30	3.90	7.40	2.64
Acide phosphor. anhydre total	3.54	2.83	5.40	3.60	3.90	4.60	2.10	3.40	2.31

Comparaison entre le fumier de tourbe et le fumier ordinaire.

	FUMIER de tourbe. — D'après Petermann[1].	FUMIER ORDINAIRE.					
		D'après Knop.	D'après Boussingault.	D'après Vœlcker.	D'après Wolff.	D'après Grandeau.	D'après Petermann[2].
Eau	684.7	760.0	793.0	760.0	750.0	730.0	764.31
Matières organiques	251.1	180.0	»	»	»	»	182.35
— minérales	61.2	60.0	»	»	»	»	53.34
	1000.0	1000.0	»	»	»	»	1000.00
Azote total	6.1	5.3	4.1	6.4	3.9	3.2	6.75
Potasse anhydre totale	5.7	3.0	»	3.2	4.5	8.2	5.28
Acide phosphor. anhydre total.	3.5	1.5	2.0	2.3	1.8	3.6	4.62

1. Moyenne de 9 analyses.
2. — 2 —

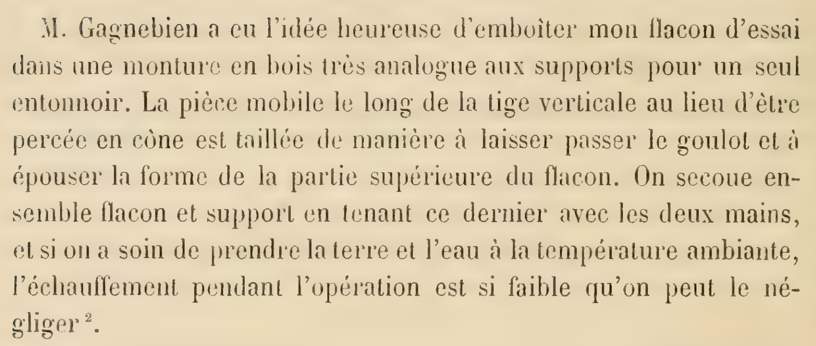
NOTE ADDITIONNELLE

AU

MÉMOIRE SUR LE DOSAGE RAPIDE

DU CARBONATE DE CHAUX ACTIF DANS LES TERRES

De M. Paul de MONDESIR[1]



M. Gagnebien a eu l'idée heureuse d'emboîter mon flacon d'essai dans une monture en bois très analogue aux supports pour un seul entonnoir. La pièce mobile le long de la tige verticale au lieu d'être percée en cône est taillée de manière à laisser passer le goulot et à épouser la forme de la partie supérieure du flacon. On secoue ensemble flacon et support en tenant ce dernier avec les deux mains, et si on a soin de prendre la terre et l'eau à la température ambiante, l'échauffement pendant l'opération est si faible qu'on peut le négliger[2].

Un mètre pliant est fixé par son extrémité à la planchette de base, et une petite pince adaptée à la pièce mobile du support maintient le bout du tube quand on ne s'en sert pas pour mesurer le niveau.

Ces dispositions peuvent également être appliquées au flacon à tube entièrement en verre sauf que ce tube doit alors être vertical et fixé contre le mètre.

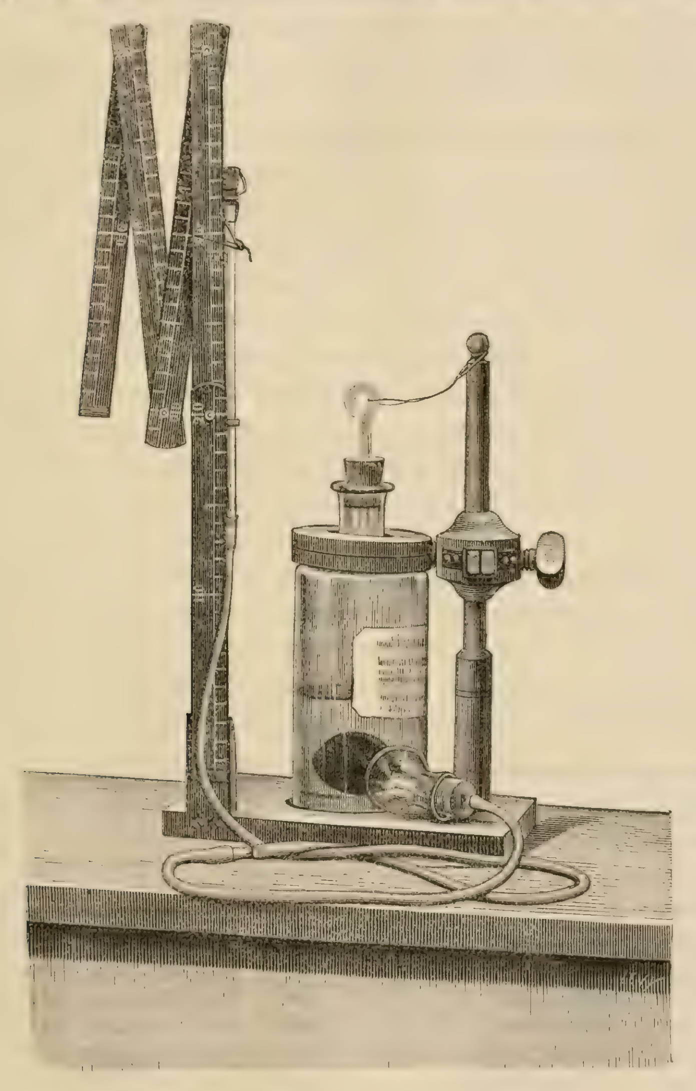
On remplit d'eau la poche de caoutchouc et le tube, beaucoup plus aisément que ne l'indique le mémoire, en opérant comme suit :

La poche et son tube étant en place, on ferme le goulot du flacon par un bouchon muni d'un tube qui permet de souffler ou d'aspirer dans le flacon. L'extrémité libre du tube de la poche est plongée

1. Voir *Annales de la Science agronomique française et étrangère,* 1886, t. II, p. 313.

2. La figure ci-contre représente l'appareil pour les dispositions duquel nous renverrons à la description donnée dans le 1er mémoire.

dans de l'eau ; en soufflant dans le flacon on aplatit la poche pour expulser son air, puis on aspire jusqu'à ce que l'eau qui arrive dans la poche lui ait donné une tension élastique ; on abandonne le tube



Appareil pour le dosage rapide du carbonate de chaux actif dans les terres.

aspirateur, en tenant le flacon dans une position telle que la tubulure de la poche soit dirigée en haut, la poche se contracte et expulse

l'air par le tube. Au besoin on recommence. Le même procédé s'applique au flacon à tube de verre en plaçant le flacon de manière que le tube soit à peu près horizontal et en adaptant à son extrémité un bout de tube de caoutchouc qui plonge dans l'eau.

L'eau mise dans le flacon pour chaque opération doit être saturée d'air avant toute mesure de niveau dans le tube. Lorsqu'on opère sur un poids de 50 ou 100 grammes de terre, l'agitation nécessaire pour délayer cette terre opère la saturation, mais il n'en est pas de même dans les tarages, les analyses de calcaires ou les essais sur des terres dont on n'emploie qu'une très petite dose qui se délaye d'elle-même. Dans ces cas divers si l'agitation que j'ai recommandée pour uniformiser la température et la tension de la vapeur d'eau est négligée, ou n'est pas suffisante pour saturer l'eau, celle-ci absorbe plus tard un peu de l'atmosphère du flacon. Il en résulte des discordances qui, sans entraîner des erreurs bien considérables, troublent l'esprit de l'opérateur qui peut être très longtemps à en reconnaître la cause. Il est donc essentiel d'agiter toujours pendant une minute après avoir versé l'eau. Il est encore préférable, surtout si on a plusieurs essais à faire, de mettre sa provision d'eau dans un flacon à moitié rempli qu'on agite pendant une minute. L'eau distillée des laboratoires est généralement très éloignée de la saturation.

Je conseille de supprimer les tarages pour les flacons à tube de caoutchouc et de les remplacer par l'emploi de la table ci-dessous :

CONTENANCE du flacon en cent. cub.	125 CENT. CUB. D'EAU.			150 CENT. CUB. D'EAU.			CONTENANCE du flacon en cent. cub.	125 CENT. CUB. D'EAU.			150 CENT. CUB. D'EAU.		
	15°.	20°.	25°.	15°.	20°.	25°.		15°.	20°.	25°.	15°.	20°.	25°.
480	494	517	541	»	»	»	570	417	435	453	416	436	456
490	484	506	529	»	»	»	580	410	427	445	409	428	448
500	474	496	518	»	»	»	590	403	420	437	402	421	440
510	465	486	508	»	»	»	600	396	413	430	395	414	432
520	456	477	498	»	»	»	610	390	406	423	389	407	425
530	448	468	488	»	»	»	620	384	400	416	383	400	418
540	440	460	479	439	460	482	630	378	394	409	377	393	411
550	432	451	470	431	451	473	640	»	»	»	371	387	404
560	424	443	461	423	443	464	650	»	»	»	365	381	398

Pour se servir de cette table, le flacon étant monté, sa poche et le tube remplis d'eau, l'extrémité du tube fermée par le petit bouchon, on pèse le flacon, puis on le repèse rempli d'eau jusqu'au bouchon du goulot. La différence des deux poids, en grammes, donne la contenance du flacon en centimètres cubes. Supposons qu'on ait trouvé 580. S'il s'agit d'un essai sur du calcaire, de l'eau, un carbonate, une quantité minime de terre, ou de toute autre opération pour laquelle on ne met pas dans le flacon un corps solide d'un volume notable, on prendra pour contenance 580. L'essai étant fait par exemple avec 125 centimètres cubes d'eau et à 20 degrés on suivra la ligne horizontale qui commence par 580 jusqu'au chiffre 427 qui est au-dessous du titre 125 centimètres cubes d'eau, dans la colonne 20 degrés. Ce chiffre représente, en millimètres, l'élévation de niveau produite par 100 milligrammes de carbonate de chaux pur. Si dans l'essai on a obtenu une élévation du niveau de 260 millimètres, il faudra en conclure que dans la matière essayée il y avait $\frac{260}{427} \times 100 = 61$ milligrammes de carbonate.

Cent grammes de terre ont pour volume 37 à 39 centimètres cubes, déduction faite des vides. On peut compter en chiffres ronds 40 centimètres cubes. Si on fait une opération sur 50 grammes de terre qui occupent dans le flacon 20 centimètres cubes effectifs, la contenance de celui-ci est réduite de 580 centimètres cubes à 560. C'est la ligne de 560 qu'il faudra prendre, la quantité d'eau employée étant, je suppose, 150 centimètres cubes et la température 25 degrés le chiffre de tare sera 464 et on poursuivra le calcul comme dans l'exemple précédent.

On remarquera que de 125 centimètres cubes à 150 centimètres cubes d'eau les différences de tare, même à 25 degrés, sont insignifiantes puisqu'elles ne dépassent pas 2 à 3 millimètres. Ainsi que je l'ai déjà dit dans mon mémoire, il est donc absolument inutile de mesurer l'eau avec une grande exactitude.

Acidité des terres. — J'appelle terre acide celle qui à froid décompose le carbonate de chaux, en s'emparant de sa base et mettant en liberté l'acide carbonique.

Une terre peut être acide et contenir néanmoins une petite quan-

tité de calcaire, qui est alors en grains de grosseur notable, probablement empâtés dans de l'argile. Dans les essais pour reconnaître le calcaire, lorsqu'après la première agitation avec l'acide il ne s'est pas produit de dénivellation notable, l'opérateur éprouve généralement une forte tendance à continuer et il y cède. Mais alors le petit exhaussement obtenu après plusieurs agitations est dû, soit à un léger échauffement, soit à l'attaque de petits grains comme ceux dont je viens de parler. On est donc exposé dans les deux cas à porter un jugement erroné sur l'état de la terre.

Pour éviter cette erreur, si on n'obtient pas très rapidement l'élévation de niveau, indiquant au moins un dix millième de calcaire en opérant sur 100 à 150 grammes de terre et à plus forte raison en opérant sur un poids moindre, je recommande expressément de faire la contre-épreuve par un essai d'acidité.

Les essais de ce genre étant plus longs que ceux de la mesure du calcaire exigent plus de précautions pour éviter les changements de température. Il faut placer le flacon dans une pièce qui ne soit pas chauffée, qui ne reçoive pas les rayons du soleil, dans laquelle, en général, il n'y a pas de cause de variations rapides de température. On met dans le flacon 100 à 150 grammes de terre et 125 à 150 centimètres cubes d'eau bien saturée d'air. Après agitation, on vérifie que la température du mélange ne diffère pas notablement de celle de la pièce ou, ce qui dispense de mesure, on attend au lendemain. On ajoute alors quelques grammes de blanc d'Espagne bien écrasé, et après fermeture du flacon on prend la première mesure de niveau. Inutile de se presser, la réaction est lente. On agite une minute ou davantage pour bien mélanger et on revient ensuite agiter à des intervalles de temps à la convenance de l'opérateur, mais qu'il est inutile de réduire au-dessous de un quart d'heure. Lorsque l'acidité est notable on observe souvent une dénivellation marquée après la première agitation, mais l'essai complet exige au moins une heure. Lorsque le niveau ne monte plus que très lentement, on prend une dernière mesure et il ne reste plus qu'à calculer le résultat.

La terre, en attaquant le blanc d'Espagne, a rendu libre de l'acide carbonique qui s'est divisé en deux parties, l'une produit la pression, l'autre a formé du bicarbonate. Le carbonate de chaux correspon-

dant à la première partie se calcule exactement comme dans les essais pour la mesure du calcaire : pour la seconde partie on se servira de la table suivante dressée d'après les résultats du mémoire de M. Schlœsing sur le bicarbonate de chaux :

TENSIONS de l'acide carbonique en cent. d'eau.	CARBONATE DE CHAUX par litre d'eau, en milligrammes.	TENSIONS de l'acide carbonique en cent. d'eau.	CARBONATE DE CHAUX par litre d'eau, en milligrammes.
1	74	9	179
2	100	10	186
3	118	15	220
4	131	20	245
5	142	25	266
6	152	30	283
7	162	50	345
8	171	100	444

Supposons qu'on ait obtenu une élévation du niveau de l'eau (pression ou tension) de 13 centimètres, avec 125 grammes d'eau et à 15 degrés, la capacité du flacon, déduction faite du volume de la terre, étant 550 centimètres cubes. La première partie sera $\frac{130}{448} \times 100 = 29$ milligrammes.

Pour la seconde, la tension 13 centimètres étant comprise entre les deux tensions 10 et 15 portées dans la table on fera la proportion entre 186 et 220, ce qui donnera 201. Le flacon contenait 125 centimètres cubes d'eau, soit le huitième d'un litre, il faut donc prendre le huitième de 201, ce qui donne 25 milligrammes.

La quantité de carbonate décomposée par la terre est donc $29 + 25 = 54$ milligrammes. C'est un peu plus de un demi millième si l'opération a été faite sur 100 grammes de terre.

Ces mesures d'acidité sont notablement inférieures à la réalité parce que la terre ne se sature pas entièrement dans l'essai. Mais au point de vue pratique cela n'a pas grande importance car on est toujours obligé de mettre en calcaire trois ou quatre fois la dose qui serait strictement suffisante si le calcaire était pur, en poudre impalpable et parfaitement réparti dans la terre.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LA COMPOSITION DES ANIMAUX A L'ENGRAIS

ET DES ANIMAUX DE BOUCHERIE

PAR

Sir J. Bennet LAWES et le Dr H. GILBERT [1]

Le 17 juin 1858, Sir J. Lawes a lu devant la Société royale de Londres, en son nom et en celui de J. H. Gilbert, son collaborateur, un Mémoire résumant les recherches entreprises par eux dès 1848 et poursuivies, dix ans durant, sur la composition des plus importants des animaux élevés et abattus en vue de la consommation de l'homme : veau, bœuf, mouton, porc.

1. *Ph. Trans. of the R. Society,* t. II. 1859. In-4°, 188 pages et tableaux : *passim. J. of the Roy. agr. Society of England.* 1849 *à* 1860.

Les recherches de Lawes et Gilbert sur la composition et sur l'alimentation des animaux de la ferme ont mis à la disposition des éleveurs et des expérimentateurs, un ensemble considérable de documents de la plus haute importance. Ce travail magistral n'a reçu en France, à ma connaissance, d'autre publicité que celle que je lui ai donnée depuis vingt ans dans mon enseignement à la Faculté des sciences et à l'École forestière. J'ai pensé être utile aux lecteurs de ces *Annales* en leur présentant une analyse suffisamment détaillée de l'ensemble de ces vastes recherches expérimentales et en extrayant des mémoires des savants anglais un certain nombre de tableaux qui résument et mettent en lumière tous les résultats importants.

Plus que jamais, dans la phase difficile que traverse l'agriculture, il importe de poursuivre l'accroissement des rendements pour diminuer le prix de revient des pro-

Ce Mémoire capital résume dix années de laborieuses et difficiles recherches dont il faut tout d'abord indiquer l'objet précis et l'ordre. Je ne puis mieux faire pour cela que de donner la traduction *in extenso* de la table des matières du Mémoire.

---

duits; cette nécessité n'est pas moins évidente en ce qui concerne le bétail que pour ce qui regarde la production végétale. L'un et l'autre sont solidaires et tout progrès dans l'art d'alimenter les animaux de la ferme profite à l'accroissement du rendement du sol.

Pour ceux de nos lecteurs qui seraient désireux de recourir aux mémoires originaux je donnerai, à la fin de cette étude, la liste complète des sources auxquelles ils pourront s'adresser.

Bien que remontant aujourd'hui à 30 ans, les recherches expérimentales et analytiques de Lawes et Gilbert ont conservé toute leur valeur et pour les lecteurs français toute leur nouveauté; il est d'ailleurs peu probable qu'ils soient jamais repris par d'autres savants, car ils ont exigé des recherches matérielles, un personnel et une organisation que l'installation de Rothamsted a seule jusqu'ici mis à un pareil degré à la disposition de la science agronomique. L. GRANDEAU.

2. Totaux de la matière minérale, des composés azotés, de la graisse et de la substance sèche totale assimilés dans l'accroissement et de la matière expirée, perspirée ou rejetée pour 100 parties de substance sèche du fourrage consommé.
3. Rapport entre la graisse formée dans l'engraissement, la graisse existant toute formée dans le fourrage et les autres principes constituants de l'alimentation.

SECTION IX. Poids moyen effectif et taux centésimal moyen du corps entier des différents organes et de toutes les autres parties des différents animaux dans des conditions diverses d'alimentation et de croissance.

SECTION X. Résumé et conclusion. Rapport entre les principes non azotés et azotés dans l'alimentation animale et dans le pain.

Plus un appendice contenant 64 tableaux de résultats d'analyses et d'expériences.

En 1883, Sir J. B. Lawes et M. H. Gilbert ont publié, également dans les *Philosophical transactions of the Royal Society*, un mémoire complémentaire du premier. Ce travail est relatif à la composition des cendres des animaux de la ferme. (Animal entier et différentes parties de l'animal.) 21 pages de texte et six tableaux numériques contenant les résultats analytiques[1].

Section I. — Objet et plan général du travail.

Lawes et Gilbert commencent par un hommage aux fondateurs de la chimie agricole.

Les travaux de Boussingault, Liebig et Mulder ont, disent-ils, imprimé aux applications de la chimie et de la physiologie à l'étude de la nutrition animale une impulsion considérable : de leurs recherches date une ère nouvelle pour cette branche importante de l'agriculture.

Il importe aujourd'hui au cultivateur de posséder des données lui permettant d'établir : 1° la proportion probable des aliments consommés et celle de chacun de leurs constituants principaux que fixe l'animal sous forme de viande; 2° sur quelle quantité de fumier l'exploitant peut compter d'après l'alimentation donnée au bétail;

1. *Supplement to former paper, entitled : « Experimental inquiry into the composition of some of the animals fed and slaughtered as human food. » Composition of the ash of the entire animals and of certain separated parts. Ph. trans. of the Roy. Soc. Part. III.* 1883.

3° quelle est, dans l'engraissement, la déperdition de matière nutritive rapportée au poids d'aliments consommés.

Se plaçant spécialement au point de vue agricole, Lawes et Gilbert ont eu pour but, dans la première partie de leur travail (détermination de la composition de l'animal), d'établir les faits et rapports suivants :

1° La quantité totale d'aliments consommés (et de chacun de leurs principes constituants *en rapport avec un poids vif donné d'animal, dans un temps donné*);

2° Le rapport entre l'accroissement en *poids vif* de l'animal, et le poids d'aliments ou de leurs principes consommés par lui ;

3° Le développement comparatif des divers organes ou parties de l'animal soumis à l'engraissement ; la composition immédiate ultime de ces divers organes ; enfin la composition probable des produits résultant de leur accroissement en poids vif, durant l'engraissement ;

4° La composition des excréments solides et liquides ; c'est-à-dire de la base de fumier en rapport avec l'aliment consommé.

5° La perte, en principes constituants des aliments, par la respiration et par la perspiration cutanée, correspondant à l'entretien pur et simple du poids vif de l'animal considéré comme machine à engrais.

Le plan général d'expériences adopté par Lawes et Gilbert peut se résumer en ceci : plusieurs centaines d'animaux, bœufs, moutons et porcs ont été nourris pendant de longues semaines consécutives avec des quantités déterminées de fourrages de composition connue. Les poids des animaux ont été pris au commencement et à la fin des expériences. Les données relatives à la fixation du poids total d'aliments et de chacun de leurs constituants ont été recueillies de manière à permettre d'établir le *rapport du poids d'aliment consommé, en un temps donné,* à l'accroissement du poids vif.

Pour établir les rapports et l'*aptitude au développement* des différentes parties et organes des animaux, les poids de ces parties et organes ont été déterminés directement sur quelques centaines d'animaux.

Pour fixer la composition finale et, en quelque sorte, la composition immédiate des bœufs, moutons et porcs, et réunir des données

suffisantes pour servir de point de départ de l'évaluation de la composition probable de leur accroissement, Lawes et Gilbert n'ont pas pu opérer sur un nombre aussi considérable de sujets.

Ils ont choisi un petit nombre d'animaux types dans différentes conditions bien déterminées et les ont soumis à l'analyse.

10 animaux ont été complètement analysés dans ce but, savoir :

1. *Veau gras,* race Durham, âgé de 9 à 10 semaines ; pris à la mère nourrie dans le pâturage ; abattu le 12 septembre 1849.

2. *Bœuf demi-gras,* race d'Aberdeen, âgé de 4 ans, mis à la ration d'engraissement (a plus vite crû qu'engraissé), tué le 14 novembre 1849.

3. *Bœuf gras* (pas extra-gras, plus de chair que de graisse formée), race d'Aberdeen ; 4 ans ; à la ration d'engraissement ; tué le 30 octobre 1849.

4. *Agneau gras,* Hampshire down ; un an ; tué le 28 février 1850.

5. *Mouton maigre,* Hampshire down ; un an ; tué le 28 février 1850 (le terme *maigre* indique l'animal qui n'a pas encore été soumis à la ration d'engraissement).

6. *Vieux mouton demi-gras,* Hampshire down Ewe ; 3 ans et 3 mois ; tué le 3 mai 1849.

7. *Mouton gras,* Hampshire down ; un an et 3 mois ; tué le 7 mai 1849.

8. *Mouton très gras,* Hampshire down ; un an et 9 mois ; tué le 18 septembre 1848.

9. *Porc maigre,* tué le 12 mai 1850.

10. *Porc gras,* de la même portée que le précédent ; engraissé pendant 10 semaines ; tué le 18 juillet 1850.

Tels sont les types choisis avec grand soin pour l'analyse complète des animaux. Ils représentent tous les cas importants qui peuvent se présenter pour l'éleveur, le producteur et le consommateur.

Section II. — Méthodes expérimentales, analyses, etc.

Lawes et Gilbert, en abordant l'immense travail qui nous occupe, ont suivi pour la détermination du poids réel et du poids proportionnel (composition centésimale) des organes et diverses parties de

nombreux animaux, ainsi que pour l'analyse complète des dix types choisis par eux, l'ordre indiqué dans la table ci-dessus. Nous allons entrer en quelques détails sur les divisions de ce travail.

1° Détermination du poids à l'état frais du corps entier, des organes internes et des diverses autres parties isolées des veaux, bœufs, agneaux, moutons et porcs.

Après un jeûne de 18 à 20 heures, on pèse l'animal immédiatement avant de l'abattre. C'est ce poids que les auteurs désignent sous le nom de *poids à jeun* ou *poids vif à jeun*.

C'est en les rapportant à ce *poids vif à jeun* que les proportions centésimales des organes, parties isolées et tout autre élément des animaux ont été calculées.

L'abatage de l'animal étant fait, le sang qui s'écoule a été entièrement recueilli et les diverses parties du corps ont été séparées avec tous les soins désirables, par un boucher expert, conformément, pour la division, aux habitudes de la boucherie anglaise. (Voir tableau I.)

Immédiatement après le débit, le poids de chacun des organes a été noté, afin de réduire autant que possible la perte par évaporation.

Les poids ainsi obtenus directement constituent les *poids* à l'état *frais réel;* lorsqu'ils sont rapportés au *poids vif à jeun* pris pour 100, on les nomme *taux centésimaux*.

Dans les tableaux, pour en simplifier l'étude, les différentes parties des animaux ont été classées, suivant la coutume de la boucherie anglaise, en *carcass* et *offal*. Je vais indiquer le sens à donner aux termes *quartiers* et *issues* par lesquels je les ai traduits.

Pour les *veau, bœuf, agneau, mouton :*

Les (*offal*) *issues* comprennent la tête, les pieds, la peau, la totalité des organes et parties intérieures, à l'exception des reins (rognons) et de la graisse qui les entoure.

Les (*carcass*) *quartiers* comprennent la totalité du squelette (tête et pieds exclus) et tous les muscles, vaisseaux, membranes et graisse qui y adhèrent, ainsi que les reins avec leur graisse.

Chez le *porc*, les *issues* ne comprennent ni la tête, ni les pieds, ni

la peau, ni les reins et leur graisse, ces organes étant pesés avec les quartiers. Les *issues* se composent exclusivement des divers organes et parties du corps, à l'exclusion des reins.

Cette division est arbitraire, mais elle facilite les applications économiques et pratiques qu'on peut faire des nombres obtenus dans les pesées.

Le *poids frais* (réel ou centésimal) a été déterminé sur :

	18	veaux, génisses et bouvillons.
	249	moutons.
	59	porcs.
Au total, sur	326	animaux.

Le Mémoire contient des tableaux récapitulatifs, que je reproduis plus loin; l'appendice renferme toutes les données numériques individuelles auxquelles les tableaux récapitulatifs dispensent de recourir à moins qu'on ne veuille faire l'étude d'un point spécial.

MM. J. Lawes et Gilbert n'ont pas publié, sur l'alimentation des animaux de la ferme et sur les rapports de l'accroissement avec le fourrage consommé, moins de 19 mémoires parus de 1849 à 1883.

Pour simplifier l'examen critique de ces immenses recherches, j'ai suivi l'ordre des matières traitées dans ces mémoires et non l'ordre chronologique, m'attachant particulièrement au mémoire publié en 1860 et à son annexe de 1883.

L'exposé de l'œuvre des savants de Rothamsted peut se résumer dans l'analyse détaillée des deux grands mémoires intitulés : *Experimental inquiry into the composition of animals. Phil. trans. 1860 et 1883.*

Les 1er, 2e, 3e et 7e mémoires, par ordre chronologique, sont consacrés à l'engraissement des moutons de races diverses (Hampshire, Sussex, Downs, Costwold 1849-1852).

Les 4e et 6e traitent de la composition du fourrage, dans ses rapports avec la respiration et l'engraissement (1852), et l'équivalence de l'amidon et du sucre dans le fourrage.

Le 5e est relatif à l'engraissement du porc.

Le 11e a pour objet les aliments du bétail fournis par les déchets industriels.

Les mémoires *10*[e] et *12*[e] offrent un résumé synthétique de toute la première période des travaux de Rothamsted.

Toutes les données numériques des expériences sont publiées dans les premiers mémoires ; les deux derniers ne renferment que des récapitulations que j'ai presque entièrement reproduites dans les tableaux qu'on trouvera plus loin.]

J'ai indiqué ce qu'il faut entendre par *issues* et *quartiers*, comment on a procédé pour préparer les diverses parties et en prendre le poids. J'arrive à la description des méthodes analytiques appliquées à la détermination de la composition immédiate des animaux.

2° *Dosage de l'eau et de la substance sèche brute dans les animaux analysés.*

On a opéré, dans tous les cas, sur la *moitié* des *quartiers*, et sur la *totalité* de chacun des organes isolés, dont l'ensemble forme ce que j'ai appelé les *issues*.

La moitié des quartiers a été divisée en :

a) Chair et graisse.
b) Os.
c) Rognons (reins) et leur graisse.

Après avoir été convenablement découpées isolément, ces diverses parties des quartiers et chacun des organes internes constituant les issues ont été placés dans un vaste bain-marie et disposés de telle façon que la graisse se séparant par fusion pouvait, à volonté, être recueillie pour chaque partie ou organe et pesée séparément dans des vases préparés pour cet usage.

Après avoir été maintenus à 100° pendant plusieurs jours, les parties qui, dans ces conditions, retiennent toujours une proportion considérable de graisse, ont été enfermées soigneusement dans des toiles à claire-voie (étrindelles) et soumis à l'expression, sous une presse à vis. La graisse ainsi retirée a été ajoutée à celle qu'on avait obtenue directement par fusion.

Après exposition, pendant un certain temps, à la température de l'eau bouillante, la graisse était pesée ; la toile et la presse étant pe-

sées avant et après l'opération, on connaissait la quantité de graisse retenue par l'appareil et on en ajoutait le poids au poids précédemment trouvé. C'est ce poids total qui représente la graisse inscrite dans les tableaux sous la rubrique obtenue par *fusion et expression.*

La *substance sèche brute* restant retient encore, en général, des quantités notables de graisse. Mais, à part les os qui avaient d'ailleurs été broyés auparavant, toutes les autres substances sèches étaient dans un état tel, qu'à l'aide d'un moulin en acier on pouvait les réduire en une poudre qui, bien que grossière, se prête à tous les traitements ultérieurs qu'on aura à lui faire subir pour l'analyser.

Cette poudre est ce que nous appellerons *substance sèche brute* (graisse de fusion et pression exclue).

3° *Traitement de la substance sèche brute.*

Des quantités de substance sèche brute de chacune des parties isolées, convenablement prélevées et pesées avec soin, ont été employées comme suit :

a) Pour la détermination des cendres de chacune des parties.
b) Pour constituer, par leur mélange proportionnel, un échantillon moyen des *quartiers,* destiné à l'analyse.
c) Pour constituer un échantillon moyen des issues.
d) Pour constituer un échantillon moyen de l'animal entier, c'est-à-dire formé des parties des quartiers et des issues, à l'exclusion de la graisse de fusion et d'expression.

Le reste de la substance sèche a été conservé à cet état.

4° *Détermination de la matière minérale ou cendres.*

Des poids proportionnels de chacune des substances sèches isolées ont été pesés à part et incinérés dans une nacelle en platine de 25 centimètres de long sur 13 de large placée dans un moufle en fer chauffé au coke. Les poids des cendres ont été déterminés à part

pour chaque échantillon ; on a ensuite fait, par parties proportionnelles de chacune des cendres, les mélanges suivants :

a) Cendres de toutes les parties des quartiers.
b) Cendres de toutes les parties des issues.
c) Cendres de tout l'animal (*animal entier*).

Le reste a été conservé isolément.

5° *Détermination de la graisse qui n'a pas été isolée par fusion et par expression, restant, par conséquent, dans les échantillons obtenus par le mélange proportionnel des différentes parties de la substance sèche.*

La graisse restant a été dosée par extraction avec l'éther. 4 à 5 grammes de substance sèche brute sont pesés dans une large capsule à fond plat et l'eau hygroscopique déterminée par fusion au bain-marie à 100° ; la substance, ainsi desséchée à nouveau, est transportée dans un petit flacon et la capsule lavée à l'éther. On ajoute de l'éther; on fait digérer et l'on filtre. On lave le filtre à l'éther. On évapore, par distillation, dans un flacon taré qu'on peut peser directement après avoir chassé tout l'éther.

Le filtre contenant la matière insoluble dans l'éther est séché et pesé à nouveau, à titre de vérification.

L'eau hygroscopique, la graisse et la matière insoluble dans l'éther sont alors rapportées, par le calcul, au poids de la substance sèche primitivement employée.

Il a toujours été fait deux dosages pour chaque essai.

6° *Dosage de l'azote.*

Dosage fait par chaux sodée et pesée du chlorure double de platine et d'ammonium.

On a déterminé l'azote, par cette méthode, dans les échantillons suivants :

a) Mélange des quartiers (os exclus).
b) Mélange des os des quartiers.
c) Mélange des issues (os compris, s'il s'en trouve quelques-uns).
d) Poil et laine.
e) Mélange de toutes les parties de l'animal (laine et poil exclus).

Les plus grands soins ont été apportés dans les mélanges, les prises d'échantillons et l'analyse.

On a fait deux dosages d'azote dans chaque cas.

Lawes et Gilbert se sont servis pour tous leurs calculs du multiplicateur 6.3 qui correspond à une teneur de 15.88 p. 100 d'azote.

7° *Principes constituants des cendres.*

Les substances déterminées ont été les suivantes :

1° Taux des cendres pures ;
2° Acide phosphorique ;
3° Acide sulfurique ;
4° Acide carbonique ;
5° Potasse ;
6° Soude ;
7° Chaux ;
8° Magnésie ;
9° Peroxyde de fer ;
10° Chlore ;
11° Silice.

Les résultats de ces analyses sont résumés dans les deux derniers tableaux qui accompagnent cette étude.

Examinons maintenant les principaux résultats de ces longues et minutieuses déterminations.

Proportion et développement relatif des différents organes et parties des bœufs, moutons et porcs à l'engrais.

Avant d'étudier la composition chimique du corps des animaux, il est utile d'examiner le rapport de chacun des organes avec le corps entier, suivant les différentes espèces et l'aptitude au développement de chacune de ces parties, dans le croît et dans l'engraissement des animaux.

Ce point de vue pratique importe beaucoup en ce qu'il fixe la qualité et la valeur de la chair obtenue par les éleveurs.

2 veaux, 2 génisses, 15 bouvillons, 1 agneau, 249 moutons et 59 porcs ont servi à établir les chiffres *moyens* des tableaux I, II et III.

TABLEAU I

Proportion centésimale moyenne des différents organes et parties des veaux, génisses et bouvillons. (Poids vif à jeun.)

INDICATION DES PARTIES.	MOYENNE DE TOUS LES ANIMAUX ABATTUS.				ANIMAUX CHOISIS POUR DES ANALYSES ULTÉRIEURES.		
	2 veaux gras.	2 génisses grasses.	14 bouvillons.	Moyenne des 16 génisses et bouvillons.	Veau gras.	Bœuf demi-gras.	Bœuf gras.
DIVERSES PARTIES DES ISSUES. Estomac	1.37	3.75	3.09	3.17	1.09	2.60	2.56
Contenu de l'estomac	1.89	8.40	8.33	8.34	2.18	7.14	5.44
Graisse de l'épiploon	1.03	2.69	1.93	2.02	0.96	1.35	2.10
Intestin grêle et contenu	2.13	1.80	1.57	1.60	2.39	2.14	1.03
Gros intestin et contenu	1.30	1.41	1.21	1.24	1.12		0.44
Graisse de l'intestin	1.13	3.02	2.12	2.24	1.62	1.60	2.60
Cœur et aorte	0.60	0.48	0.50	0.50	0.57	0.47	0.52
Graisse du cœur	0.08	0.22	0.32	0.31	0.16	0.20	0.41
Poumons et trachée	1.32	0.75	0.82	0.81	1.30	0.63	0.63
Sang	4.68	3.60	4.07	4.01	5.21	4.41	3.72
Foie	1.67	1.52	1.28	1.31	1.63	1.27	1.21
Vésicule biliaire et contenu	0.05	0.08	0.09	0.09	compté avec la vessie	0.08	0.06
Pancréas		0.09	0.09	0.09		0.08	0.07
Thymus	0.67	0.07	0.06	0.06	0.70	0.06	0.05
Glande de la bouche		0.05	0.03	0.03		0.03	0.03
Rate	0.32	0.15	0.17	0.16	0.29	0.17	0.16
Vessie	0.15	0.06	0.05	0.05	0.17	0.03	0.12
Pénis		»	0.01	»	»	0.03	
Cerveau						0.07	0.06
Langue	5.46	2.51	0.07	0.06	1.43	0.61	0.24
Tête			2.71	2.69		2.56	2.82
Cuir	6.91	7.74	7.46	7.49	6.87	6.50	5.65
Pieds et sabots	2.18	1.72	1.78	1.77	1.69	1.64	1.59
Queue	0.13	0.09	0.09	0.10	0.13	0.14	0.10
Diaphragme	0.44	0.53	0.39	0.41	0.43	0.46	0.53
Débris divers	»	0.49	0.27	0.30	»	0.12	»
Total des issues	33.51	41.25	38.54	38.85	32.97	31.39	32.81
Quartiers	63.13	55.58	59.84	59.31	62.05	61.75	63.20
Perte par évaporation, erreurs dans les pesées, etc.	3.35	3.17	1.62	1.84	1.98	0.86	0.96
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

TABLEAU II

Proportion centésimale des différents organes et parties du mouton (poids vif à jeun).

INDICATION DES PARTIES.	MOYENNE DE TOUS LES ANIMAUX ABATTUS. — SÉRIES GRADUÉES.			MOYENNE DE TOUS LES ANIMAUX ABATTUS. — DIVERS.			ANIMAUX CHOISIS pour des analyses ultérieures.				
	5 moutons de races différentes, très maigres, comme point de comparaison.	100 moutons de races diverses, moyennement gras, âge : 15 mois.	45 moutons de races diverses, extrêmement gras, âge : 21 mois.	78 moutons, Haut down, moyennement gras, alimentation variée, âge : 15 à 18 mois.	21 moutons, races et alimentation diverses, d'embonpoint plus que moyen, âge : 15 mois.	Moyenne de 249 moutons de races, âges, conditions d'engraissement divers.	Agneau gras.	Mouton maigre.	Mouton demi-gras.	Mouton gras.	Mouton très gras.
Diverses parties des issues.											
Estomac	2.91	2.49	2.14	2.72	2.17	2.45	1.822	3.316	2.719	2.482	1.611
Contenu de l'estomac	6.16	4.49	3.62	6.83	3.85	4.98	6.079	4.981	7.222	3.908	4.158
Graisse de l'épiploon	2.92	4.13	4.99	4.67	5.18	4.63	3.850	3.246	2.945	5.161	6.733
Intestin grêle et contenu	2.32	1.92	1.19	1.63	1.33	1.61	4.865	1.735	2.094	2.625	1.015
Gros intestin et contenu	2.93	1.89	1.59	2.23	1.75	1.92		1.793	1.874	2.408	1.262
Graisse de l'intestin	1.28	1.70	2.10	2.23	2.55	2.04	1.984	1.626	2.231	2.826	2.921
Cœur et aorte	0.48	0.40	0.36	0.51	0.41	0.43	0.400	0.531	0.440	0.428	0.322
Graisse du cœur	0.32	0.20	0.35	0.42	0.42	0.32	0.341	0.250	0.476	0.393	0.235
Poumons et trachée	1.17	1.04	0.83	1.06	0.92	0.99	1.244	1.466	1.035	0.811	0.743
Sang	4.81	4.14	3.73	3.95	3.84	3.97	3.428	5.199	3.879	3.578	4.059
Foie	1.61	1.75	1.33	1.44	1.37	1.52	1.392	1.697	1.624	1.514	1.040
Vésicule biliaire et contenu	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.030	0.061	0.051	0.049	»
Pancréas	0.13	0.15	0.10	0.15	0.12	0.14		0.070			
Thymus	»	»	»	»	»	»	0.185	0.070	0.155	0.167	0.141
Glandes de la bouche	0.06	»	»	»	»	»		0.061			
Rate	0.17	0.17	0.14	0.16	0.17	0.16	0.193	0.160	0.172	0.162	0.153
Vessie	0.05	0.03	0.03	»	0.03	0.03	»	0.061	0.064	0.044	»
Tête	3.64	3.00	2.53	3.27	2.74	2.93	3.117	3.668	3.974	3.047	2.389
Peau	14.09	12.83	10.46	11.50	11.01	11.73	5.865	5.672	6.686	5.535	10.099
Laine							3.680	7.382	6.341	6.385	
Pieds	»	»	»	»	»	»	0.910	1.069	»	»	»
Diaphragme	0.30	»	0.12	»	»	0.14	0.355	0.218	0.541	0.305	»
Débris divers	0.10	0.13	0.11	»	0.07	0.12	»	»	»	»	»
Total des issues	45.55	40.52	35.78	42.84	37.98	40.17	39.770	44.341	41.493	41.828	36.911
Quartiers	53.42	58.97	64.05	56.85	61.91	59.74	59.830	53.329	53.546	57.459	63.069
Perte par évaporation, erreurs dans les pesées, etc.	1.03	0.51	0.17	0.31	0.11	0.09	0.400	2.330	1.961	0.713	0.020
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

TABLEAU III

Proportion centésimale moyenne des différents organes et parties du porc (poids vif à jeun).

	INDICATION DES PARTIES.	ENGRAISSEMENT MODÉRÉ A L'AIDE DE DIFFÉRENTES ALIMENTATIONS, Moyenne de tous les animaux abattus.								ANIMAUX CHOISIS pour les analyses ultérieures.	
		9 porcs. Aliments : sons avec addition de fèves, farine de lentilles, farine de maïs.	12 porcs. Aliments : fèves avec addition de farine de lentilles, maïs ou son.	15 porcs. Aliments : farine de maïs avec addition de fèves, farine de lentilles ou son, ou mélange du tout.	12 porcs. Aliments : sucre ou fécule ou tous deux avec addition de son et farine de lentilles.	6 porcs. Aliments : morue salée avec maïs en farine ou son et maïs.	2 porcs. Porc maigre au début, demi-gras à la fin.	3 porcs. Porc demi-gras au début, engraissé moyennement avec le même régime.	Moyenne de 59 porcs gras.	Porc maigre.	Porc gras.
Diverses parties des issues.	Estomac	1.66	1.27	1.18	1.16	1.17	1.81	0.99	1.28	1.28	0.66
	Contenu de l'estomac									0.28	0.40
	Graisse de l'épiploon	0.52	0.49	0.57	0.59	0.51	0.47	0.52	0.54	0.37	0.30
	Intestin grêle et contenu	3.05	2.19	1.69	2.15	1.66	3.98	2.36	2.20	3.85	2.45
	Gros intestin et contenu	4.91	4.16	3.28	5.05	2.76	4.31	3.38	4.01	6.27	3.71
	Graisse de l'intestin	0.91	1.35	1.37	0.63	1.03	0.67	0.87	1.06	1.15	2.21
	Cœur et aorte	0.29	0.27	0.27	0.31	0.25	0.28	0.29	0.29	0.52	0.30
	Poumon et trachée	0.88	0.73	0.68	0.79	0.57	0.85	1.06	0.76	1.11	0.91
	Sang	3.97	4.08	3.43	3.59	3.11	3.04	3.37	3.63	7.51	3.69
	Foie	1.55	1.71	1.43	1.70	1.26	1.87	1.56	1.57	2.66	1.65
	Vésicule biliaire et contenu	0.07	0.05	0.05	0.08	0.06	0.05	0.09	0.06	0.08	0.07
	Pancréas	0.18	0.22	0.20	0.18	0.19	0.17	0.18	0.19	0.27	0.22
	Rate	0.16	0.15	0.13	0.14	0.12	0.17	0.15	0.11	0.18	0.17
	Vessie	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	0.06	0.10	0.08	0.15	0.04
	Pénis	0.23	0.22	0.21	0.20	0.21	0.18	0.24	0.21	»	»
	Langue	0.54	0.46	0.45	0.53	0.43	0.49	0.51	0.48	0.56	0.43
	Pieds	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	»	»	0.08	»	»
	Débris divers	0.18	0.32	0.29	0.12	0.21	0.35	0.40	0.26	0.41	»
	Total des issues	19.26	17.85	15.38	17.38	13.67	18.78	16.07	16.87	27.31	16.91
	Quartiers	80.22	82.07	84.18	81.44	85.98	79.26	83.39	82.57	75.74	82.79
	Perte par évaporation, erreurs dans les pesées	0.52	0.08	0.44	1.18	0.35	1.96	0.54	0.56	3.05	0.30
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Quelques rapprochements suffisent pour mettre en relief les différences considérables que présentent, sous le rapport du poids et du développement des organes, les bœufs, les moutons et les porcs.

L'estomac et son contenu correspondent à :

11.5	p. 100 du poids du corps		. . . .	Bœuf.
7.5	—	—	. . . .	Mouton.
1.25	—	—	. . . .	Porc.

L'intestin et son contenu présentent les rapports inverses :

6.25	p. 100 du poids du corps		. . . .	Porc.
3.5	—	—	. . . .	Mouton.
2.75	—	—	. . . .	Bœuf.

Ces différences sont remarquables; elles s'expliquent facilement par : 1° la difficile digestibilité de la cellulose entrant pour la plus grande part dans l'alimentation du bœuf (la digestion stomacale prédomine sur la digestion intestinale); 2° par la grande quantité de fécule qui forme la base de l'alimentation du porc, beaucoup moins volumineuse que celle des ruminants. Les aliments du porc sont principalement digérés dans l'intestin au sortir de l'estomac, après un court séjour dans cet organe.

Pris dans leur ensemble, les appareils digestifs, chez ces trois espèces animales, offrent les rapports suivants :

Estomac, gros intestin, intestin grêle . . .	= 14	p. 100 du poids vif entier		. . .	*Bœuf.*
	= 11	—	—	. . .	*Mouton.*
	= 7.5	—	—	. . .	*Porc.*

Ces grandes variations entre ces diverses espèces animales dans les proportions des réceptacles où s'effectuent les premières modifications des aliments, disparaissent presque complètement dans les organes et dans les liquides où s'effectue l'élaboration ultime, l'*assimilation* et l'utilisation des principes nutritifs.

Les taux p. 100 du cœur, aorte, poumons, trachée, vésicule biliaire, pancréas, rate, sang, se rapprochent les uns des autres.

En effet ils présentent les rapports suivants :

7	p. 100 du poids vif		. . . .	Bœuf.
7.25	—	—	. . . .	Mouton.
6.66	—	—	. . . .	Porc.

Si l'on ne tient pas compte du sang dont le poids est de 0.33 p. 100

moindre chez le porc que chez les autres (mouton et bœuf), l'analogie devient plus sensible encore.

Enfin la graisse diffusée, celle qui est disséminée dans les organes eux-mêmes, s'élève en moyenne à

4.5	p. 100 du poids vif.	. . . .	Bœuf.
7.75	— —	. . . .	Mouton.
1.5	— —	. . . .	Porc.

Les organes digestifs du porc, moins volumineux que ceux du bœuf et du mouton, sont aussi moins chargés de graisse. Le taux élevé de la graisse pour les moutons s'explique par le grand nombre d'animaux qui a servi à établir les moyennes et par leur état d'embonpoint plus marqué que celui des bœufs.

En ce qui concerne le développement relatif des différents organes de l'animal passant de l'état maigre au développement complet et à l'état d'engraissement, voici les résultats généraux des nombreuses pesées effectuées par Lawes et Gilbert (tableaux I, II et III).

1° Les *issues* augmentent en *poids réel* absolu, mais leurs taux centésimaux diminuent très notablement depuis le commencement jusqu'à la fin de l'engraissement.

Les *quartiers*, au contraire, augmentent à la fois en *poids* réel et centésimalement, par rapport à tout le corps.

Quelques exemples vont montrer ce qu'il faut entendre par là ; nous les prendrons dans les moutons, à raison du grand nombre d'animaux sur lesquels ont porté les déterminations numériques.

Le poids réel moyen par tête des estomacs et intestins et de leur contenu varie de 6^{k},234 (mouton maigre) à 7^{k},141 (sur 100 moutons gras) et à 7^{k},37 sur 45 moutons très gras.

De même, sang, aorte, cœur, poumons, trachée, foie, vésicule, pancréas, rate, pris ensemble, donnent les chiffres suivants :

Moutons maigres	3^{kg},532
— gras.	5 ,327
— très gras.	5 ,568

Le taux d'accroissement, pour ces diverses parties, augmente donc beaucoup plus rapidement que pour l'estomac et les intestins.

Les poids *centésimaux* de ces organes par rapport au corps entier (poids vif) diminuent (quoique dans une proportion moindre que ceux des estomacs et intestins), *avec l'accroissement en poids et en graisse des animaux*, comme le montrent les chiffres suivants[1] :

Cœur et autres parties.	Moutons maigres . . .	8.44	p. 100 du poids du corps.		
	— gras.	7.71		—	—
	— très gras. . .	6.55		—	—

La graisse disséminée (celle-ci seule) dans les organes internes, *augmente*, absolument et centésimalement parlant, avec l'accroissement de l'animal, ainsi qu'en témoignent les nombres qui les concernent :

	POIDS absolu.	TAUX centésimal.
	—	— P. 100.
Moutons maigres	1kg,927	4.52
— gras	3 ,967	6.03
— très gras.	6 ,774	7.44

En ce qui regarde les rapports des *issues* totales aux *quartiers* totaux, Lawes et Gilbert arrivent aux chiffres suivants :

Accroissement en poids absolu, par tête :

	ISSUES.	QUARTIERS.
	—	—
Moutons maigres.	19kg,383	22kg,557
— gras	26 ,637	38 ,880
— très gras	31 ,171	55 ,769

Il résulte de là que, bien que la somme des organes internes et des autres parties qui constituent les issues s'accroissent considérablement durant l'engraissement des animaux, les quartiers, c'est-à-dire les muscles, les membranes, les vaisseaux, les os et la graisse, s'accroissent beaucoup plus rapidement.

Bref, le résultat général du croît et de l'engraissement est que les animaux augmentent de poids et engraissent par une *diminution finale* dans le taux pour cent des issues et par un *accroissement final* dans le taux pour cent des quartiers, rapportés au poids total de l'animal.

1. Ou pour mieux dire, ne s'accroissent pas proportionnellement.

En effet, le taux p. 100 total des issues et des quartiers est, en nombres ronds :

	ISSUES.	QUARTIERS.
Pour les moutons maigres.	45.5	53.4
— gras.	40.5	58.9
— très gras	35.8	64.0 [1]

L'importance pratique de ces faits sera mieux encore mise en évidence de la façon suivante.

Il résulte des données précédentes que l'accroissement, pour passer de l'état maigre à l'état gras, est de 68.8 p. 100 des quartiers marchands, et de 79.8 p. 100 pour passer de l'état gras à l'état très gras. On peut admettre que 65 à 70 p. 100 du croît total dans une assez longue période correspond à de la *viande marchande* (os compris) pour le bœuf et le mouton. Dans les deux ou trois mois que dure l'engraissement (alimentation riche et abondante), ce chiffre n'atteint pas moins de 90 p. 100 chez le porc.

La moyenne centésimale de graisse disséminée (épiploon, intestin et cœur) dans le mouton gras tel qu'il est produit pour la boucherie, s'élève à 6.03 p. 100 seulement ; l'augmentation centésimale de poids vif (du mouton maigre ou gras) serait de 8.91 p. 100.

En même temps, tandis que l'augmentation moyenne pour cent de la graisse disséminée dans le mouton, passant du gras au très gras, serait de 7.44 p. 100, l'accroissement en poids vif, dans la même période, atteindrait 12.17 p. 100.

D'un autre côté, le taux pour cent du reste des issues (graisse disséminée déduite) était de 41.03 dans l'animal maigre ; il n'est plus que de 34.49 dans l'animal gras. Mais le taux centésimal de toutes les issues, dans l'accroissement, s'élève à 21.98 seulement (passage du maigre au gras).

Enfin, le taux centésimal de toutes les issues est de 28.34 p. 100 pour l'animal très gras, tandis que le taux pour cent de l'accroissement de poids vif (en passant du gras au très gras) n'est que de 8.97 p. 100.

1. On remarquera que la somme des deux chiffres ne donne pas exactement 100, mais 98.9, 99.4 et 99.8. La différence très petite correspond aux pertes par évaporation, erreur dans les pesées, etc...

De tout ce qui précède, il résulte que dans l'engraissement des animaux, l'appareil qui reçoit les aliments, les transmet, les élabore, s'accroît, mais pas aussi rapidement que les parties constituantes des quartiers (chair, os, etc.) dont l'augmentation en poids est ce qu'on se propose dans l'engraissement.

Lorsque nous examinerons la composition chimique du croît, nous verrons lequel des deux, *chair* ou *graisse*, s'accroît le plus rapidement. De la discussion précédente, il faut conclure que pour les parties internes, les issues, au moins, c'est la *graisse* qui augmente le plus rapidement.

Les constatations précédentes, relatives au développement des diffférents organes, résultent de déterminations faites sur un grand nombre de moutons, d'âge et de maturité différents, sans qu'il ait été tenu compte de la nature du fourrage consommé.

Le tableau III met en évidence l'influence de la nature du fourrage sur le développement de l'animal et sur la quantité de chair formée dans des temps différents.

Les chiffres du tableau III se rapportent au porc.

Le résultat capital de cette partie des expériences de Rothamsted peut s'exprimer comme suit :

Quand le rapport des substances non azotées aux substances azotées dans le fourrage est comparativement élevé $\left(\frac{\text{M.Az}}{\text{Mn Az}} = 1/4 \text{ par exemple}\right)$, la proportion, le *taux centésimal* des quartiers rapporté au poids vif, est également élevé.

En même temps, les quartiers sont plus riches en *graisse* et moins riches en *maigre* (chair) que sous l'influence d'une alimentation moins azotée.

Il est hors de doute que les animaux qui fournissent une plus forte proportion de *quartiers* et dont les quartiers consistent principalement en substance grasse sont les meilleurs pour le consommateur et conséquemment les plus avantageux pour le producteur.

Lawes et Gilbert insistent, à plusieurs reprises, sur ce fait qu'en tenant compte seulement du prix des fourrages et de la valeur du fumier (*engrais* obtenu), il est encore de l'intérêt du cultivateur

d'employer très largement les aliments riches en matières azotées.

D'autre part, ils montrent que lorsque le rapport entre les substances azotées et les substances non azotées dans le fourrage excède une certaine proportion, le rapport dans l'accroissement en poids vif obtenu, pour une quantité donnée d'aliments, est ou *moindre* ou très peu *supérieur*.

On a constaté qu'avec un excès de principes azotés dans le fourrage, la proportion de quartiers a été moindre et que la teneur en graisse, qui fait la valeur de la chair, était moindre également.

En somme, dans les dernières semaines de la période d'engraissement du porc, la proportion des substances azotées à celle des substances non azotées de l'aliment ne doit excéder que d'une faible quantité celle que nous offre la constitution immédiate des graines des céréales (1/6 environ).

Les conclusions générales de cette première série de recherches se résument dans les propositions suivantes dont l'importance ne saurait échapper à l'attention des éleveurs :

1. *Proportionnellement à leur poids,* les bœufs ont des estomacs et des intestins beaucoup plus considérables que les moutons, chez lesquels ces organes sont plus développés que chez le porc.

Chez les bœufs, moutons et porcs, les autres organes internes présentent des poids sensiblement égaux (cœur et aorte, poumons et trachée, foie, vésicule et bile, pancréas, rate pris ensemble). Ces trois espèces possèdent des quantités proportionnelles sensiblement égales de sang ; le porc présente cependant un léger minimum.

2. *Proportionnellement à leur poids,* les moutons produisent plus rapidement de la graisse (disséminée) que les bœufs, et les porcs beaucoup plus que les deux autres espèces.

3. Pendant le développement et l'engraissement des bœufs, moutons et porcs, les organes internes augmentent en *poids absolu* mais ils diminuent proportionnellement au poids de l'animal (centésimalement).

4. La graisse disséminée dans les organes internes augmente durant le développement et l'engraissement *absolument* et *proportionnellement* parlant.

5. Durant le croît et dans l'engraissement des bœufs, moutons et porcs, le total en poids absolu des issues augmente, mais leur taux centésimal (pour cent rapporté au poids vif) diminue. Les quartiers augmentent à la fois en poids absolu et en taux centésimal du corps.

6. Les bœufs bien nourris et modérément engraissés peuvent gagner 58 à 60 p. 100 du poids vif en quartiers, les bœufs extrêmement gras peuvent gagner 65 à 70 p. 100.

Les moutons, moyennement engraissés, gagnent 58 p. 100, quartiers poids vif; les très gras 64 p. 100 et plus.

Les porcs, moyennement gras, tués comme porcs frais, augmentent (tête et pieds compris) de 80 à 82 p. 100 (quartiers) du poids vif initial.

Les porcs extra-gras (pour salaison) augmentent beaucoup plus.

Chez ces trois espèces, la race, l'âge et l'état général influent sur l'engraissement.

7. De l'accroissement total des 6 derniers mois d'une large alimentation (animaux modérément gras, âgés de 15 à 18 mois) les bœufs présentent 65 à 70 p. 100 de parties marchandes (comestibles).

Les moutons (15 mois à 2 ans) de 75 à 80 p. 100 du croît des six derniers mois sont comestibles. Chez les porcs, 90 p. 100 (tête et pieds inclus) du croît des deux ou trois derniers mois sont comestibles.

8. Quand le rapport nutritif $\frac{\text{M Az}}{\text{Mn Az}} > 1/5$ dans les aliments, (1/4 par exemple), la proportion de l'accroissement des bœufs, moutons et porcs, pour un poids donné de substance sèche dans le fourrage, n'augmente pas proportionnellement à l'augmentation de la substance azotée ; la proportion de quartiers rapportée au poids vif est même un peu inférieure, les quartiers eux-mêmes contenant plus d'os et de chair et moins de graisse que dans le cas de la ration dont le rapport nutritif est 1/5.

Nous allons aborder maintenant l'examen de la *composition chimique des bœufs, moutons et porcs dans les diverses conditions d'accroissement et d'engraissement* (1).

---

1. Section III à Section VI. *Philos. trans.*, p. 502 à 527.

Section III. *On the composit.*, p. 25, n° XII du tome II des *Mémoires de Rothamsted*.

Section III, p. 502.

Section III. — La matière minérale.

Commençons par étudier la répartition des matières minérales : 1° dans les quartiers ; 2° dans les issues ; 3° dans l'animal entier. (Voir *Tableau* IV.)

1° *Quartiers.*

Le taux maximum des matières minérales se rencontre dans les os qui sont de beaucoup plus riches en cendres que les parties molles des quartiers : ces dernières renferment 1/5 à 1/7 seulement du poids des cendres qui entrent dans la constitution de la trame osseuse.

L'influence de la maturité ou de l'engraissement se fait sentir très nettement sur le taux des cendres.

Les parties molles des animaux gras sont moins riches en cendres que celles des animaux maigres.

Dans les bœufs, moutons et porcs maigres, le taux des cendres s'élève dans les parties molles souvent à plus du tiers du taux pour cent des cendres des os.

D'autre part, dans les animaux gras, le taux des cendres des parties molles n'atteint pas 1/7 chez les bœufs et moutons et 1/4 (chez le porc) du taux des cendres des os.

D'après cela, il semble que les matières minérales soient associées dans les tissus aux *principes azotés* des parties molles.

Lawes et Gilbert, sans résoudre la question de l'état chimique de cette association, regardent comme probable que les acides sulfurique et phosphorique décelés par l'analyse sont des produits d'incinération. Il y a lieu, en effet, de penser que c'est à l'état de soufre et de phosphore que ces corps simples sont engagés dans les combinaisons azotées.

Les incinérations ont été faites à basse température, pour éviter les pertes ; le taux des cendres peut dépendre, en effet, beaucoup de la marche de l'incinération.

On admet généralement que le taux (total) des matières minérales contenues dans les produits végétaux et animaux est représenté par

TABLEAU IV

TABLEAU RÉCAPITULATIF de la teneur centésimale en matière minérale des dix animaux.

1° Quartiers. — 2° Issues (non compris estomacs et intestins). — 3° Animal entier; poids vif à jeun, y compris estomacs et intestins.

NOM DE L'ANIMAL.	QUARTIERS p. 100 de :			ISSUES FRAICHES p. 100 de :				POIDS VIF A JEUN DE L'ANIMAL ENTIER p. 100 de :							RÉCAPITULATION FINALE p. 100 de l'animal entier :		
								QUARTIERS.		ISSUES FRAICHES.							
	Chair et membranes, etc.	Os.	Quartiers entiers.	Chair et membranes, etc.	Os.	Poil ou laine.	Issues totales.	Chair et membranes.	Os.	Chair et membranes.	Os.	Poil ou laine.	Total des parties molles.	Total des os.	De quartier.	D'issues.	De tout l'animal.
Veau gras.	0.775	3.707	4.482	0.739	2.662	0.014	3.415	0.481	2.301	0.221	0.793	0.004	0.706	3.094	2.782	1.018	3.800
Bœuf demi-gras	0.804	4.760	5.564	0.734	3.281	0.036	4.051	0.521	3.082	0.193	0.859	0.009	0.723	3.941	3.603	1.061	4.664
Bœuf gras.	0.607	3.953	4.560	0.614	2.766	0.021	3.401	0.402	2.617	0.163	0.733	0.005	0.570	3.350	3.019	0.901	3.920
Agneau gras.	0.477	3.155	3.632	0.738	1.466	0.244	2.448	0.285	1.888	0.230	0.457	0.076	0.591	2.345	2.173	0.763	2.936
Mouton maigre.	1.254	3.106	4.360	0.629	1.157	0.401	2.187	0.668	1.657	0.242	0.443	0.154	1.064	2.100	2.325	0.839	3.164
Vieux mouton demi-gras	0.633	3.501	4.134	0.547	1.647	0.522	2.716	0.339	1.875	0.193	0.582	0.184	0.716	2.457	2.214	0.959	3.173
Mouton gras.	0.476	2.973	3.449	0.585	1.183	0.556	2.324	0.273	1.709	0.209	0.423	0.197	0.679	2.132	1.982	0.829	2.811
Mouton extra-gras	0.325	2.447	2.772	0.524	1.175	1.942	3.641	0.205	1.543	0.166	0.373	0.616	0.987	1.916	1.748	1.155	2.903
Porc maigre.	0.646	1.926	2.572	0.678	2.373	0.022	3.073	0.429	1.279	0.212	0.742	0.007	0.648	2.021	1.708	0.961	2.669
Porc gras	0.278	1.120	1.398	0.680	2.265	0.025	2.970	0.211	0.851	0.135	0.447	0.005	0.351	1.298	1.062	0.587	1.649
Moyenne générale	0.627	3.065	3.692	0.647	1.998	0.378	3.023	0.382	1.880	0.196	0.585	0.126	0.704	2.465	2.262	0.907	3.169
Moyenne des 8 animaux (exclus moutons et porcs maigres) . . .	0.547	3.202	3.749	0.645	2.056	0.420	3.121	0.340	1.983	0.189	0.583	0.137	0.665	2.567	2.323	0.909	3.232
Moyenne des 6 animaux (exclus les animaux maigres et demi-gras).	0.490	2.892	3.382	0.647	1.919	0.467	3.033	0 310	1.818	0.187	0.538	0.151	0.647	2.356	2.128	0.876	3.003

la quantité de cendres laissées par la combustion de ces substances; il ne faut pas attribuer à cette assertion une rigueur qu'elle ne comporte pas.

2° *Dans les issues.*

Les auteurs ont fait 3 divisions de ces matières :

1° Matières minérales des parties molles (moins poil ou laine).
2° Matières minérales des os.
3° Matières minérales de la laine et du poil.

Il y a quelques incertitudes sur les chiffres de cette dernière catégorie, tenant à la difficulté de débarrasser la laine et le poil des substances étrangères, riches en cendres.

Dans les *issues,* comme dans les *quartiers,* il existe un maximum très notable dans les os.

Le taux pour cent total des cendres des issues est aussi considérable que le taux pour cent des quartiers.

Le sang est assez riche en substances minérales. On en peut tirer la même conséquence que plus haut, à savoir qu'il existe une relation entre le taux des cendres et celui de la substance azotée.

3° *Animal entier.*

Dans la troisième partie du tableau, les quantités de cendres sont rapportées à 100 du poids de l'animal entier, tant pour les quartiers que pour les issues, au lieu d'être rapportées à 100 de quartiers et à 100 d'issues, comme dans les deux premières parties du tableau.

Cette disposition des résultats moyens obtenus met en évidence ce fait important que le taux des cendres de toutes les parties molles du corps est bien inférieur à un demi p. 100 du poids vif à jeun de l'animal entier.

D'autre part, il résulte de ces analyses que, pour les os, le taux des matières minérales est toujours supérieur à 1 p. 100, souvent à 2, et, dans certains cas, à 3 et 4 du poids vif entier de l'animal.

	RAPPORTS au poids vif.	
Les os du *porc* contiennent environ. . . .	2	p. 100 de matières minérales
Les os du *mouton* contiennent environ . .	2 à 2 1/2	— —
Les os du bœuf et veau contiennent environ	3 à 4	— —

Les rapprochements des analyses permettent encore de faire, entre autres, une remarque intéressante.

Dans le porc gras, le taux des cendres des parties molles ou comestibles de l'animal s'élève seulement à 0.211 p. 100 du poids vif de l'animal entier ; dans les 3 moutons gras de 0.205 à 0.339 p. 100 du poids vif de l'animal entier ; dans les mêmes parties du bœuf gras à 0.402 p. 100, tandis que le poids des cendres rapporté au poids vif total s'élève pour les os aux quantités suivantes :

	p. 100.		p. 100.
Bœuf gras	3.35	Bœuf maigre	3.93
Mouton gras	1.916	Mouton maigre	2.10
Porc gras	1.298	Porc maigre	2.021

4[e] partie du tableau. *Récapitulation.*

Cette partie du tableau met en évidence la décroissance du taux pour cent de la matière minérale dans l'*animal entier,* si l'on compare l'animal maigre à l'animal gras.

Cette décroissance est visible, non seulement pour le corps pris dans son ensemble, mais encore, isolément, pour les quartiers et les issues.

L'exception apparente pour le mouton gras s'explique par l'adhérence à la laine d'une quantité de matières étrangères qui n'a pu être enlevée par le lavage.

En résumé :

	CENDRES p. 100 de l'animal entier.		CENDRES p. 100 de l'animal entier.
Bœuf gras	3.92	Bœuf maigre (demi-gras)	4.664
Mouton gras	2.811	Mouton maigre	3.164
Porc gras	1.649	Porc maigre	2.669

Conclusion : dans l'engraissement, la substance minérale, considérée dans son ensemble, ne s'accumule ni dans les parties molles, ni dans les os : elle n'a, dans l'accroissement, aucune part comparable à celle des autres principes immédiats des animaux.

Voyons maintenant quels principes immédiats s'accumulent durant l'engraissement.

Section IV. — La graisse. — Dans les diverses parties isolées et dans le corps entier des dix animaux analysés. (Voir *Tableau* V.)

J'ai dit qu'une grande partie de la graisse avait été extraite par fusion et expression ; le reste a été obtenu par dissolution dans l'éther.

Les déterminations par *fusion* et *expression* ont été faites sur :

a) Reins et graisse enveloppante.
b) Autres parties des quartiers (os inclus).
c) Tête et diverses parties attenantes des issues.
d) Cœur et son enveloppe graisseuse.
e) Épiploon.
f) Graisse intestinale, mésentère.

La détermination par l'éther a été faite sur les matières sèches (résidu de la fusion et l'expression) et classée dans l'ordre suivant :

a) Total des quartiers (os inclus).
b) Tête et total des issues (os inclus).
c) Poil et laine.

Les dosages par l'éther ont donc porté sur un mélange représentant la moyenne du corps (quartiers et issues), après dosage par expression et fusion d'une partie de la graisse.

Le tableau V donne la récapitulation.

Le tableau VI indique les résultats des dosages par l'éther.

Il m'est impossible de reproduire tous les tableaux des mémoires de Lawes et Gilbert, mais je crois nécessaire d'indiquer le taux de graisse contenue dans les rognons (reins) pour chacun des animaux analysés en le comparant à la graisse totale.

	GRAISSE des reins en p. 100 des quartiers.	GRAISSE TOTALE en p. 100 des quartiers, tableau V.
Veau gras	25.7	16.6
Bœuf demi-gras	3.07	22.6
Bœuf gras	5.41	34.8
Agneau gras	6.21	36.9
Mouton maigre	1.69	23.8
Veau, Mouton demi-gras	3.60	31.3
Mouton gras	8.38	45.4
Porc maigre	1.67	28.1
Porc gras	4.32	49.6

TABLEAU V

TABLEAU RÉCAPITULATIF de la graisse totale des dix animaux. Extraite par fusion, expression et traitement par l'éther :

1° Dans les quartiers. — 2° Dans les issues (non compris estomacs et intestins). — 3° Dans l'animal entier; poids vif à jeun, y compris estomacs et intestins.

Le taux pour 100 de la graisse de l'animal entier est donné: 1° par l'addition des matières grasses qu'on en a séparé; 2° par la détermination directe faite par l'éther sur un mélange à parties proportionnelles de substance sèche de toutes les parties de l'animal, laine exceptée et compte tenu de la quantité de graisse de la laine.)

NOM DE L'ANIMAL.	POUR 100 de quartiers.	POUR 100 d'issues déduction faite de l'estomac et de l'intestin.	POUR 100 DU POIDS VIF DE L'ANIMAL A JEUN			
			des quartiers.	des issues.	DE TOUT L'ANIMAL — Par addition.	DE TOUT L'ANIMAL — Détermination par l'éther.
Veau gras	16.6	14.6	10.3	4.34	14.06	14.8
Bœuf demi-gras	22.6	15.7	14.6	4.12	18.07	19.1
Bœuf gras	34.8	26.3	23.1	6.96	30 »	30.1
Agneau gras	36.9	20.1	22.1	6.28	28.3	28.5
Mouton maigre	23.8	16.1	12.7	6.18	18.9	18.7
Vieux mouton demi-gras	31.3	18.5	16.7	6.52	23.2	23.5
Mouton gras	45.4	26.4	26.1	9.43	35.5	35.6
Mouton extra-gras	55.1	34.5	34.7	10.94	45.7	45.8
Porc maigre	28.1	15 »	18.7	4.68	23.3	23.3
Porc gras	49.6	22.8	37.6	4.50	42.1	42.2
Moyenne générale	34.4	21 »	21.7	6.40	28 »	28.2
Moyenne des 8 animaux (exclus moutons et porcs maigres)	36.5	22.3	23.2	6.64	29.8	29.9
Moyenne des 6 animaux (exclus les animaux maigres et demi-gras)	39.7	24.1	25.6	7.08	32.7	32.8

TABLEAU VI

Détermination directe de la graisse (par extraction par l'éther dans la substance sèche brute) de certains groupes de parties et du corps entier des dix animaux.

INDICATION DES ANIMAUX.	TAUX CENTÉSIMAL DE LA GRAISSE restant dans la substance sèche brute.		
	1er dosage.	2e dosage.	Moyennes.
I. — Ensemble des quartiers (os compris).			
Veau gras	15.98	15.81	15.91
Bœuf demi-gras	21.67	23.14	21.30
Bœuf gras	19.99	19.85	19.92
Agneau gras	25.61	25.93	25.77
Mouton maigre	19.34	19.43	19.39
Vieux mouton demi-gras	27.43	27.74	27.59
Mouton gras	17.61	17.67	17.65
Mouton extra-gras	31.34	31.16	31.25
Porc maigre	18.98	19.19	19.09
Porc gras	18.70	19.16	18.93
Porc maigre (tête et pieds moins la langue et le cerveau)	18.02	18.17	18.09
Porc gras (tête et pieds moins la langue et le cerveau)	21.72	21.65	21.68
II. — Ensemble des issues (os inclus).			
Veau gras	16.52	16.31	16.42
Bœuf demi-gras	13.54	13.51	13.66
Bœuf demi-gras (sans os)	15.78	15.31	15.55
Bœuf demi-gras (avec os des issues seulement)	9.16	8.52	8.84
Bœuf gras	17.24	16.19	16.90
Agneau gras	23.89	23.80	23.85
Mouton maigre	22.38	22.15	22.27
Vieux mouton demi-gras	18.40	18.27	18.31
Mouton gras	20.93	21.05	20.91
Mouton extra-gras	22.90	22.62	22.76
Porc maigre	15.47	15.35	15.41
Porc gras	13.41	13.49	13.45
III. — Laine.			
Agneau gras	8.69	9.28	8.99
Mouton maigre	11.18	8.98	11.07
Vieux mouton demi-gras	8.95	8.85	8.90
Mouton gras	11.40	12.69	13.97
Mouton extra-gras	11.85	9.70	10.11
IV. — Animal entier (à l'exclusion de la laine).			
Veau gras	17.10	16.52	16.81
Bœuf demi-gras	22.74	22.79	22.77
Bœuf gras	19.10	19.10	19.10
Agneau gras	25.70	25.83	25.77
Mouton maigre	19.35	19.38	19.37
Mouton demi-gras	26.17	26.48	26.33
Mouton gras	19.42	19.35	19.39
Mouton extra-gras	29.42	29.16	29.11
Porc maigre	18.18	18.08	18.13
Porc gras	19.08	18.49	18.78

Un fait saillant découle de ces analyses (voir tableau de la page 301), à savoir que les dépôts graisseux des reins augmentent considérablement durant l'engraissement.

L'importance pratique de ce renseignement est grande et justifie le procédé des bouchers qui apprécient l'état d'engraissement par l'état gras des reins.

Il faut insister sur les rapprochements auxquels donnent lieu ces chiffres :

Cette graisse est indépendante de celle extraite par l'éther.

La colonne I du tableau assigne les taux suivants de graisse totale aux quartiers des divers animaux de boucherie :

Quartier du bœuf demi-gras	22.6
Mouton maigre	23.8
Porc maigre	28.1
Veau gras	16.6 seulement.

Ce qui concorde avec le fait bien connu que la chair du veau est, de toutes les viandes consommées, la plus maigre.

Les quartiers de viande de la meilleure qualité sont ceux du bœuf gras (moyennement engraissé) contenant 34.8 p. 100 de graisse pure.

La chair d'agneau contient	36.9	p. 100	graisse pure.
— de mouton gras contient	45.4	—	—
— — très gras contient	55.1	—	—
— de porc moyennement gras contient	49.6	—	—

D'après cela, la viande de meilleure qualité, que l'on considère généralement comme une alimentation très azotée, renferme, en graisse, de 1/3 à moitié et plus du poids frais des quartiers.

Nous reviendrons sur ce point quand nous examinerons la composition de l'animal entier.

Faisons remarquer seulement, en passant, que ces taux de graisse sont plus élevés encore dans la viande livrée par la boucherie, à raison des conditions différentes des pesées. Lawes et Gilbert, en effet, ont pesé immédiatement après le dépeçage, c'est-à-dire avant toute évaporation. Or, la perte à l'étal peut atteindre 3 ou 4 p. 100 et dépasse souvent ce chiffre.

Le classement des diverses parties des issues, sous le rapport de la détermination de la graisse, présente beaucoup de difficulté et la comparaison détaillée des divers organes est presque impossible.

Mais comme une très faible partie de la graisse des issues est livrée à l'alimentation de l'homme, cette lacune a peu d'importance.

Il y a cependant quelques points dignes d'être notés, comme précisant l'accumulation de graisse à l'intérieur des animaux durant leur accroissement.

Le taux pour cent de la graisse de l'épiploon, obtenu par fusion et expression est, en pour cent des issues :

Chez le bœuf demi-gras de	4.63
Chez le bœuf modérément gras de	7.93
Chez le mouton maigre de	5.14
Chez le mouton très gras de	19.5

La graisse mésentérique ou des intestins n'est pas consommée comme aliment, mais employée comme suif : sa proportion, qui sert de base aux bouchers pour apprécier l'état de l'animal, augmente dans l'engraissement, mais les espèces qui ont le *plus* de tendance à l'engraissement des quartiers (parties externes) sont celles qui présentent le moins d'aptitude à l'engraissement des organes internes.

Pour s'en convaincre il suffit des quelques rapprochements suivants :

	GRAISSE INTESTINALE p. 100 des issues totales.
Bœuf demi-gras	4.66
Bœuf gras	8.79
Mouton maigre	3.08
— demi-gras	5.69
— gras	6.57
— très gras	7.41
Porc maigre	2.12
Porc gras	8.35

Il y a lieu ici de tenir compte des différences profondes qui existent entre le porc et les ruminants ; de plus il convient de rappeler que près de 1 p. 100 des issues des moutons est de la matière grasse associée à la laine.

De toute la graisse extraite par fusion, pression et éther, les *is-*

sues totales ne renferment que moitié aux deux tiers du taux pour cent de la graisse de tous les quartiers.

(Pour cent dans les quartiers il y a 50 à 66 p. 100 dans les issues.)

Dans les issues, le taux de la graisse (cas des animaux gras, à l'exclusion du veau et de l'agneau, *non à maturité)* est égal à 25 p. 100 au moins du poids total des issues.

Dans le *bœuf gras,* le *mouton gras,* dans le *porc gras,* elle atteint plus du tiers.

Nous reviendrons plus loin sur les proportions probables de graisse (dans quartiers et issues respectivement) qui, en moyenne, sont consommées par l'homme et sur les rapports existant entre cette graisse et la substance azotée.

Voyons maintenant, en supposant le poids vif de l'animal égal à 100, quels sont les taux de graisse dans les issues totales et dans l'ensemble des quartiers.

Le taux pour cent ainsi calculé, donne des nombres qui présentent entre eux les mêmes rapports que ceux qu'on obtient en comparant les taux de graisse des *issues* à ceux des *quartiers,* pour le même animal.

Voici quelques indications sur les chiffres des colonnes 3 et 4 du tableau V, page 302.

En prenant la moyenne des dix animaux, on trouve que plus des 3/4 de la graisse totale appartient aux quartiers, c'est-à-dire aux parties qui ont la plus grande valeur comestible.

La proportion de graisse totale, dans les issues et dans les quartiers respectivement, semble généralement d'autant plus grande que l'animal est plus *mûr*.

La proportion *respective* de graisse (issues et quartiers) est sensiblement la même dans le bœuf demi-gras et dans le bœuf gras.

Dans le mouton cependant, la proportion de la graisse totale des quartiers est beaucoup plus grande que dans le mouton maigre.

Dans ce dernier, on trouve deux fois plus de graisse dans les quartiers que dans les issues.

Dans les quatre animaux gras : agneau demi-gras, gras, très gras, elle atteint le triple du chiffre des issues (quartiers comparés aux issues).

Dans le porc maigre, les quartiers contiennent *quatre* fois plus de graisse que les issues ; dans le porc gras il y en a 8 à 9 fois plus dans les quartiers que dans les issues.

La conclusion générale de ces faits semble être que, en moyenne, les 3/4 ou plus de la graisse totale des animaux abattus pour la boucherie, dans de bonnes conditions, appartiennent aux *quartiers*, c'est-à-dire aux parties qui, sous une forme ou sous une autre, sont employées entièrement à l'alimentation humaine.

Nous avons vu précédemment que le taux pour cent de graisse des quartiers de l'animal gras, s'élève au tiers, à moitié et quelquefois à plus, du poids total des quartiers.

Examinons maintenant dans quelle proportion la graisse pure ou à peu près pure entre dans la composition de *tout l'animal*.

Dans les 5e et 6e colonnes du tableau V sont indiqués, d'une part, les chiffres trouvés directement par fusion et expression ; de l'autre, les chiffres fournis par le dosage direct par l'éther.

La comparaison de ces chiffres, obtenus par deux méthodes différentes, montre que les écarts, dans les deux cas, ne dépassent pas 1/4 à 1 p. 100 (maximum) ; c'est une concordance remarquable de nature à donner toute confiance dans les résultats obtenus.

D'après leur teneur totale en graisse, les animaux se rangent dans l'ordre suivant :

Mouton extra-gras	45.7	p. 100	du poids vif.
Porc gras.	42.1	—	—
Mouton gras	35.5	—	—
Bœuf modérément gras	30	—	—
Agneau gras	28.3	—	—
Vieux mouton demi-gras.	23.2	—	—
Porc maigre.	23.3	—	—
Bœuf demi-gras	18.9	—	—
Mouton maigre	18	—	—
Veau gras	14	—	—

De la combinaison et du rapprochement de ces chiffres, on peut conclure que le bœuf gras de bonne qualité, est formé en moyenne, pour le 1/3 environ de son poids vif total, de substance grasse.

Le mouton gras, un peu plus du tiers.

Le porc modérément gras, de plus des 2/5.

Le porc à lard, 50 p. 100 environ de son poids.

Section V. — L'azote dans les parties isolées et dans le corps entier des dix animaux analysés.

(Tableaux VII, VIII et IX.)

Nous venons de voir dans quelle proportion considérable la matière grasse figure dans le corps des animaux les plus importants au point de vue de l'alimentation de l'homme. Ce qui précède établit notamment (colonnes 1 et 6, tableau V) que la proportion de graisse est plus considérable dans les quartiers, c'est-à-dire dans les parties alimentaires par excellence, que dans le poids total de l'animal pris pour terme de comparaison : quartiers, 34,4 p. 100 contre 28,2 p. 100 du corps entier. Le point capital à étudier maintenant concerne la détermination du taux p. 100 de l'azote du corps entier ou de certaines parties, le calcul des teneurs totales en protéine et autres composés azotés, classe de principes dont la prédominance relative est généralement considérée comme le caractère essentiel de l'aliment animal.

L'azote a été dosé sur des mélanges d'échantillons de matière sèche, soigneusement prélevés et débarrassés, par fusion et par expression, de la graisse. Ces échantillons ont consisté dans les quatre catégories suivantes :

a) Ensemble de tous les quartiers.
b) — des os des quartiers.
c) — des issues (parties molles et os) [laine et poil non compris].
d) — des quartiers et des issues (laine et poil exclus).

L'azote a également été dosé séparément dans la laine et dans le poil.

Dans le cas du porc, il y a une exception, consistant en ce que, outre le mélange des quartiers (parties molles et os) et des issues (sans os), on a fait un mélange spécial de la tête et des pieds, parties molles et os ensemble, pour y doser l'azote.

Les dosages d'azote dans les matières sèches que nous venons d'indiquer sont inscrits dans le tableau VII.

Les moyennes calculées sont données en détail (tableau VIII).

TABLEAU VII

Détermination directe de l'azote dans la substance sèche brute de certains groupes de parties et du corps entier de dix animaux.

INDICATION DES ANIMAUX.	TAUX CENTÉSIMAL D'AZOTE dans la substance sèche.		
	1er dosage.	2e dosage.	Moyennes.
I. — Quartiers entiers (os non compris).			
Veau gras	12.49	12.44	12.47
Bœuf demi-gras	10.90	10.86	10.88
Bœuf gras	12.20	12.05	12.13
Bœuf gras (avec os)	9.62	9.59	9.60
Agneau gras	10.63	10.72	10.68
Mouton maigre	13.04	13.09	13.07
Vieux mouton demi-gras	10.33	10.43	10.38
Mouton gras	12.65	12.73	12.69
Mouton extra-gras	9.55	9.45	9.50
Porc maigre (os compris)	11.38	11.26	11.32
Porc gras (os compris)	11.81	11.55	11.64
Porc maigre (tête et pieds moins la langue et le cerveau)	8.70	8.88	8.79
Porc gras (tête et pieds moins la langue et le cerveau)	8.68	8.66	8.67
II. — Os des quartiers.			
Veau gras	5.94	6.06	6.00
Bœuf demi-gras	4.88	4.90	4.89
Bœuf gras	4.95	5.02	4.99
Agneau gras	5.17	5.02	5.10
Mouton maigre	5.08	5.09	5.09
Vieux mouton demi-gras	4.62	4.65	4.64
Mouton gras	4.92	4.94	4.93
Mouton extra-gras	4.97	4.93	4.95
III. — Issues totales (y compris les os).			
Veau gras	11.35	11.30	11.36
Bœuf demi-gras	11.95	11.71	11.87
Bœuf gras	11.25	11.29	11.28
Agneau gras	10.21	9.89	10.02
Mouton maigre	10.51	10.60	10.51
Mouton demi-gras	10.52	10.35	10.46
Mouton gras	10.61	10.60	10.50
Mouton extra-gras	10.58	10.33	10.40
Porc maigre (sans os)	12.96	12.82	12.89
Porc gras (sans os)	13.10	13.23	13.17
IV. — Poil ou laine.			
Veau gras	16.46	16.60	16.53
Bœuf demi-gras	16.74	16.90	16.82
Bœuf gras	16.16	16.82	16.52
Agneau gras	14.80	14.97	14.89
Mouton maigre	14.30	13.86	14.35
Vieux mouton demi-gras	16.52	14.38	15.20
Mouton gras	14.49	13.56	13.43
Mouton extra-gras	12.49	11.83	12.21
V. — Animal entier (laine et poil exclus).			
Veau gras	10.79	10.70	10.75
Bœuf demi-gras	10.04	10.06	10.05
Bœuf gras	10.15	10.13	10.14
Agneau gras	9.24	9.22	9.23
Mouton maigre	10.33	10.02	10.23
Vieux mouton demi-gras	9.33	9.23	9.28
	8.85	9.26	9.20
Mouton gras	9.92	10.05	9.99
	10.69	10.24	10.56
Mouton extra-gras	8.71	8.72	8.72
	9.10	9.13	9.15
Porc maigre	11.10	11.16	11.13
Porc gras	11.52	11.77	11.62

TABLEAU VIII

Teneur centésimale moyenne en azote de dix animaux.

1° Quartiers. — 2° Issues (non compris estomacs et intestins). — 3° Animal entier : poids vif à jeun, y compris estomacs et intestins.

NOM DE L'ANIMAL.	TENEUR CENTÉSIMALE des quartiers.			TENEUR CENTÉSIMALE des issues fraîches.				TENEUR CENTÉSIMALE DE L'ANIMAL ENTIER poids vif à jeun.							
								QUARTIERS.			ISSUES.				
	Parties charnues et membranes.	Os.	Quartiers entiers.	Poil ou laine.	Tête et pieds.	Autres parties des issues.	Des issues totales.	Parties charnues et membranes.	Os.	Quartiers totaux.	Laine ou poil.	Tête et pieds non compris la langue et le cerveau.	De toutes les autres parties.	De toutes les issues.	De tout l'animal.
Veau gras	2.121	0.487	2.608	0.142	2.670		2.812	1.316	0.302	1.618	0.042	0.796		0.838	2.456
Bœuf demi-gras	2.331	0.462	2.793	0.242	3.194		3.436	1.509	0.299	1.808	0.063	0.837		0.900	2.708
Bœuf gras	1.919	0.432	2.351	0.216	2.656		2.872	1.271	0.286	1.557	0.057	0.704		0.761	2.318
Agneau gras	1.371	0.341	1.712	1.099	1.923		3.022	0.820	0.204	1.024	0.343	0.600		0.943	1.967
Mouton maigre	1.896	0.454	2.350	1.193	1.727		2.920	1.012	0.242	1.254	0.457	0.662		1.119	2.373
Vieux mouton demi-gras	1.925	0.364	2.289	1.344	1.584		2.928	1.031	0.195	1.226	0.475	0.559		1.034	2.260
Mouton gras	1.467	0.324	1.791	1.229	1.480		2.609	0.843	0.186	1.029	0.403	0.528		0.931	1.960
Mouton extra-gras	1.136	0.261	1.397	1.220	1.554		2.741	0.716	0.164	0.880	0.387	0.493		0.880	1.760
Porc maigre [1]	2.319		2.319	»	0.757	1.415	2.172	1.511		1.511	»	0.237	0.442	0.679	2.220
Porc gras	1.712		1.712	»	0.800	1.513	2.313	1.300		1.300	»	0.158	0.299	0.457	1.757
Moyenne générale	2.132		2.132	0.659	2.127		2.786	1.324		1.324	0.023	0.631		0.854	2.178
Moyenne des 8 animaux (exclus moutons et porcs maigres)	2.082		2.082	0.674	2.172		2.846	1.305		1.305	0.221	0.622		0.813	2.148
Moyenne des 6 animaux (exclus les animaux maigres et demi-gras)	1.928		1.928	0.634	2.099		2.734	1.325		1.235	0.205	0.596		0.802	2.036

1. Pour la comparaison avec les autres animaux, l'azote de la tête et des pieds du porc est compté avec les issues ; dans la pratique de la boucherie ces parties vont généralement avec les quartiers.

Le sommaire est résumé dans le tableau IX. (Voir page 313.)

Examinons d'abord ces deux derniers :

Ces tableaux rendent facile la comparaison du taux p. 100 relatif de l'azote dans les diverses parties de chaque animal avec les résultats calculés par différentes méthodes ; ils permettent, en outre, de comparer le taux p. 100 d'azote, d'un animal à l'autre.

Les rapprochements entre les teneurs en principes azotés seront plus instructifs quand, dans les dix animaux analysés et dans leurs différentes parties, nous aurons d'abord comparé les teneurs en matière minérale, substances sèches, matière grasse et eau.

Nous avons vu qu'il y a 4 à 5 fois plus de matière minérale dans les os, pris dans leur ensemble, que dans les parties molles totales des quartiers.

Un regard jeté sur le tableau VIII montre que, d'autre part, le quantum de l'azote est 4 à 5 fois plus élevé dans les parties molles des quartiers que dans les os et dans les parties dures.

Il en résulte que toutes les fois qu'on n'a pas recours aux os comme aliment, un cinquième à un sixième seulement de la substance azotée totale des quartiers est perdu pour l'alimentation humaine.

Si l'on compare d'abord le taux p. 100 de l'azote dans les quartiers du même animal à différentes périodes d'accroissement, on voit qu'il diminue considérablement avec les progrès que l'animal fait vers l'engraissement.

On verra plus loin que l'engraissement et la maturation sont accompagnés d'une diminution considérable dans le taux p. 100 de l'eau du corps.

La matière sèche qui s'accumule consiste surtout en une proportion de substance grasse plus grande que celle des produits azotés, fait en accord avec la diminution parallèle du taux de l'eau. Il semble probable que, moins la production de matière azotée est considérable, plus faible est également la quantité d'eau nécessaire à son hydratation.

Arrivons aux chiffres du tableau VIII relatifs aux quartiers :

Bœuf.	Les quartiers du bœuf demi-gras renferment . .	2.793	p. 100 azote.
	Ceux du bœuf moyennement gras	2.351	—
	Différence en moins 1/6 en matières azotées .	0.442	—

	P. 100 AZOTE.		
Mouton maigre (quartier)	2.350	2.350	2.350
— demi-gras	2.289		
Différence	0.061		
— gras		1.791	
Différence		0.559	
— très gras			1.397
Du maigre au très gras, près de 50 p. 100 de différence.			0.953

Porc maigre.	1.319	p. 100 azote.
— gras	1.712	—
Différence.	0.607	soit plus de 1/3.

Veau. — Minimum de graisse chez cet animal, qui renferme plus d'azote qu'aucun animal, excepté le bœuf demi-gras, soit 2.608. Le veau est, en effet, l'un des animaux les moins gras.

Examinons maintenant l'azote des issues totales.

Au premier coup d'œil, on voit qu'à part ce qui existe chez le porc maigre, elles sont plus riches en azote que l'ensemble des quartiers. Mais chez l'agneau et chez les quatre moutons, plus d'un tiers de l'azote des issues est contenu dans la laine.

Déduction faite de cette dernière, le taux d'azote des issues est inférieur à celui des quartiers correspondants.

La moitié de droite du tableau VIII indique les quantités d'azote de chacune des parties des animaux, rapportées au taux p. 100 de leur poids vif total, dans les *quartiers* et dans les *issues* considérés séparément.

J'appellerai tout spécialement l'attention sur le tableau IX récapitulatif de l'azote de l'animal entier ; les colonnes 3 et 4 donnent respectivement les taux p. 100 d'azote dans les quartiers et dans les issues.

Les trois dernières colonnes sont particulièrement intéressantes.

Elles indiquent la teneur totale centésimale en azote de l'animal entier, *déterminée par trois méthodes différentes*. En raison de l'importance de ces données, il est utile d'indiquer comment Lawes et Gilbert les ont obtenues.

Colonne I. Par addition :

TABLEAU IX

Taux moyen pour cent d'azote dans les dix animaux.

1° Dans les quartiers frais; 2° dans les issues fraîches (parties égales, estomac et intestins exclus); 3° dans l'animal entier (poids vif à jeun, estomac et intestins compris).

Le taux pour cent d'azote de tout l'animal est donné : 1° par addition des taux de chaque partie isolée; 2° par détermination directe du mélange proportionnel de toutes les parties sèches (laine exceptée, le taux de la laine en azote ayant été ajouté par un calcul); 3° par un calcul effectué en déduisant du poids total de la substance sèche la graisse et la matière minérale, et divisant par 6,3 la différence. 6,3 correspond à la quantité centésimale de 15,873 d'azote dans les substances azotées.

NATURE DES ANIMAUX.	Pour cent de quartiers frais.	Pour cent d'issues estomacs et intestins exclus.	POUR CENT DE L'ANIMAL ENTIER poids vif à jeun				
			dans les quartiers.	dans les issues.	de l'ensemble des parties		
					1 par addition.	2 détermination directe.	3 par calcul.
Veau gras	2.608	2.812	1.618	0.838	2.456	2.471	2.421
Bœuf demi-gras	2.793	3.136	1.808	0.900	2.708	2.781	2.635
Bœuf gras	2.351	2.872	1.557	0.761	2.318	2.333	2.304
Agneau gras	1.712	3.022	1.024	0.913	1.967	1,974	1.919
Mouton maigre	2.350	2.920	1.254	1.119	2.373	2.380	2.353
Vieux mouton demi-gras	2.289	2.928	1.226	1.034	2.260	2.267 / 2.282	2.226
Mouton gras	1.791	2.609	1.0[illegible]9	0.931	1.960	1.917 / 2.035	1.941
Mouton extra-gras	1.397	2.771	0.880	0.880	1.769	1.814 / 1.747	1.736
Porc maigre	2.319	2.172	1.541	0.679	2.220	2.196	2.180
Porc gras	1.712	3.313	1.390	0.457	1.757	1.773	1.725
Moyennes générales	2.132	2.786	1.324	0.854	2.178	2.194	2.147
Moyennes des 8 animaux, exclus moutons et porcs maigres	2.082	2.845	1.305	0.831	2.148	2.170	2.117
Moyennes des 6 animaux, exclus les animaux maigres et demi-gras.	1.928	2.733	1.235	0.802	2.036	2.052	2.018

L'azote (voir tableau VII) a été dosé *isolément* sur cinq catégories de parties animales :

1° Ensemble de tous les quartiers (os exclus) ;
2° Mélange des os des quartiers ;
3° Issues, parties molles et os, s'il s'en trouve quelques-uns ;
4° Laine et poil ;
5° Mélange de toutes les parties de l'animal (laine et poil exclus).

En ajoutant les taux obtenus dans ces cinq séries de dosages, on a les résultats indiqués sous le titre *azote par addition.*

Colonne II. Par détermination directe.

Elle donne le chiffre trouvé en ajoutant au résultat du dosage direct sur le mélange proportionnel des quatiers et des issues de l'animal entier, moins la laine ou le poil, le taux d'azote trouvé pour la laine ou le poil analysés à part.

Colonne III. Par calcul.

On a diminué le poids de la substance sèche brute de celui de la graisse, enlevée par fusion, expression, et par l'éther (*graisse totale*) ; on a déduit ensuite le poids des cendres. Le reste (l'eau, graisse et matière minérale déduites) consiste en principes azotés de diverse nature. « Nous avons en vain, disent Lawes et Gilbert, pour évaluer l'azote sur une base certaine, cherché des données positives résultant d'analyses immédiates des différentes parties du corps » ; en l'absence de chiffres indiquant les proportions relatives d'albumine, de fibrine, de gélatine, de chondrine, etc., dans le corps des animaux, ces savants ont admis, un peu arbitrairement, ils le constatent, le chiffre de 6,3 comme celui, en nombre rond, qui se rapprochait le plus de l'exactitude, et l'ont pris comme diviseur de la substance sèche trouvée pour la réduire en azote.

Ce nombre 6,3 suppose un taux p. 100 moyen de 15,873 d'azote dans le mélange des composés azotés.

$$15.873 : 100 :: 1 : x \quad x = \frac{100}{15.873} = 6.3.$$

Il est un peu plus élevé que celui de l'albumine et de la fibrine, mais considérablement plus bas que celui de la gélatine.

Ce chiffre représente une moyenne aussi exacte que possible et suffisante pour le but que se proposaient Lawes et Gilbert.

Boussingault avait pris 15 p. 100 = 6.666 azote pour ses déterminations de la composition des végétaux. Plus tard il a adopté 16 = 6.25 azote.

S'il y a lieu de supposer que les déterminations expérimentales sont plus près de la vérité que les *calculs,* il faut admettre que les substances azotées du corps, prises dans leur ensemble, présentent un taux plus élevé que 15,873 (correspondant à 6,3 p. 100). Mais comme *partout,* la différence dans le taux d'azote obtenu par les différentes méthodes s'accuse invariablement dans la deuxième décimale seulement ; que de plus, cette différence est un peu inférieure, dans tous les cas, pour la méthode par *calcul* seul, il y a lieu d'être très satisfait de cette concordance.

Il serait facile d'indiquer diverses sources possibles d'inexactitudes dans le mode de calcul consistant à fixer le taux de l'azote à 15,873 p. 100. Par exemple : dans quelles limites les matières minérales déterminées par incinération et déduites par le calcul contiennent-elles du soufre et du phosphore oxydés provenant des substances azotées elles-mêmes ? Quelles sont les proportions relatives des différents composés azotés dans le mélange qui les comprend toutes, et ainsi de suite. Ces causes d'erreurs sont, au cas particulier, absolument indéterminées, mais sans importance. Il y a lieu, au contraire, de s'étonner d'un accord aussi parfait dans des chiffres obtenus par trois méthodes différentes entourées de difficultés considérables dans leur application.

Le choix des prises d'essai a été fait avec le plus grand soin ; les dosages (tableau VII) d'azote faits en double ou en triple sont très concordants.

Les résultats généraux concordent dans la limite de 0,01 à 0,03, soit de 1 à 3 dix-millièmes !

Ces chiffres peuvent donc être considérés comme *tout à fait* suffisants sous le rapport de l'exactitude. Ils fournissent, en tous cas, des indications du plus haut intérêt sur les rapports de l'azote contenu dans les différentes parties des divers animaux, à des états et à des régimes variés.

Les animaux de l'espèce bovine contiennent dans l'ensemble de leur corps :

Bœuf demi-gras	2.75	p. 100 azote.
Bœuf moyennement gras.	2.33	—
Veau gras, plus riche en azote que le bœuf gras .	2.50	—

Le corps entier de l'agneau contient moins de 2 p. 100 d'azote.

Mouton maigre, moins de.	2.4	p. 100 azote.
— demi-gras.	2.25	—
— modérément gras, pas tout à fait.	2.00	—
— très gras	1.75	—
Porc maigre.	2.20	—
— modérément gras.	1.75	—

Le fait frappant est la faiblesse du taux d'azote du corps des animaux qui nous fournissent la viande : il a une grande importance et un grand intérêt.

D'un côté, comme nous le mettrons plus loin en lumière, la proportion de l'azote consommé dans le fourrage d'engraissement et assimilé par l'animal, puis envoyé au marché à l'état de viande, est extrêmement faible.

De l'autre, une quantité considérable de l'azote réellement assimilé par l'animal n'est pas propre à l'alimentation humaine ; en effet, de l'azote assimilé, une forte proportion est à l'état de gélatine, de chondrine, etc., matières dont le rôle nutritif *est encore une question imparfaitement résolue.*

Avant d'abandonner les colonnes des tableaux qui présentent le taux centésimal d'azote des diverses parties des différents animaux, il nous reste encore à faire une réflexion.

Nous avons constaté que : les issues *totales* des animaux sont plus riches en azote, centésimalement parlant, que les *quartiers* totaux ; mais on a vu aussi que la proportion réelle, rapportée au corps entier, de l'azote fixé dans les quartiers constitue toujours environ les 3/5 de l'azote total. Un cinquième environ appartient aux os. Il résulte de là, qu'en nombre rond, *moitié* environ de l'azote total est associé aux parties molles comestibles des quartiers.

Nous reviendrons encore plus loin sur ces rapprochements.

Section VI. — Récapitulation de la composition des dix animaux abattus : matière minérale, substance azotée sèche, graisse, substance sèche totale, eau.

(Voir tableau X.)

Nous avons considéré isolément les taux p. 100 de *matière minérale*, de *graisse* et d'*azote*. Examinons maintenant l'ensemble de la

composition qu'on peut déduire du rapprochement de ces nombres pour le corps entier des animaux analysés.

Le tableau X indique, d'un coup d'œil, les taux pour cent dans les *quartiers*, les *issues*, et dans l'animal entier, des corps suivants :

1° Matières minérales (cendres) :
2° Substance sèche azotée totale (obtenue par soustraction des autres principes du poids du corps entier) ;
3° Graisse totale (par fusion, expression et éther) ;
4° Substance sèche totale (obtenue par l'addition des cendres, de la substance azotée et de la graisse) ;
5° Eau (complément de la substance sèche pour obtenir 100).

De plus, *pour l'animal entier*, le taux p. 100 de l'estomac et de l'intestin et de leur contenu.

QUARTIERS. 1re DIVISION DU TABLEAU X. — RÉSULTATS PRINCIPAUX.

1. *Cendres et substances azotées.*

Cette partie du tableau met en évidence l'existence :

1° D'une relation entre l'accroissement de la *substance minérale* et de l'*azote*. — 2° D'une relation entre la décroissance de la *substance minérale* et de l'*azote*. — 3° D'un rapport des cendres à la substance protéique, rapport qui oscille autour de une partie de matières minérales pour quatre parties de matières azotées.

2. *Graisse et substances azotées.*

Dans tous les cas, excepté celui du veau, où il y a égalité, le taux de la *matière grasse* l'emporte de beaucoup sur celui de la *substance azotée sèche*.

Animaux maigres ou demi-gras.	Mouton maigre. .	*Une fois et demie*	plus de graisse que	de substance azotée.
	Bœuf demi-gras. .	*Un quart*	—	—
	Porc maigre. . .	*Deux fois*	—	—
	Moutons demi-gras	*Deux fois*	—	—
Bœuf gras		*Deux fois et demie*	—	—
Mouton gras.		*Quatre fois*	—	—
— très gras.		*Six fois*	—	—
Porc moyennement gras. .		*Cinq fois*	—	—

De l'ensemble de ces résultats, on peut inférer vraisemblablement

TABLEAU X

TABLEAU RÉCAPITULATIF de la composition de dix animaux, indiquant la teneur centésimale en matière minérale, substance azotée sèche, graisse, substance sèche totale et eau.

1° Quartiers. — 2° Issues (non compris estomacs et intestins). — 3° Animal entier; poids vif à jeun, y compris estomacs et intestins.

NATURE DE L'ANIMAL.	POUR CENT DANS LES QUARTIERS.					POUR CENT DANS LES ISSUES estomacs et intestins compris.					POUR CENT DANS L'ANIMAL ENTIER poids vif à jeun.					
	Matière minérale.	Substance azotée sèche.	Graisse.	Substance sèche totale.	Eau.	Matière minérale.	Substance azotée sèche.	Graisse.	Substance sèche totale.	Eau.	Matière minérale.	Substance azotée sèche.	Graisse.	Substance totale sèche.	contenu de l'estomac et de l'intestin à l'état humide.	Eau.
Veau gras	4.48	16.6	16.6	37.7	62.3	3.41	17.1	14.6	35.1	64.9	3.80	15.2	14.8	33.8	3.17	63.0
Bœuf demi-gras	5.56	17.8	22.6	46.0	51.0	4.05	20.6	15.7	40.4	59.6	4.66	16.6	19.1	40.3	8.19	51.5
Bœuf gras	4.56	15.0	34.8	54.4	45.6	3.40	17.5	26.3	47.2	52.8	3.92	14.5	30.1	48.5	5.98	45.5
Agneau gras	3.63	10.9	36.9	51.4	48.6	2.15	18.9	20.1	11.5	58.5	2.94	12.3	28.5	43.7	8.54	47.8
Mouton maigre	4.36	14.5	23.8	42.7	57.3	2.19	18.0	16.1	36.3	63.7	3.16	14.8	18.7	36.7	6.00	57.3
Vieux mouton demi-gras	4.13	14.9	31.3	50.3	49.7	2.72	17.7	18.5	38.9	61.1	3.17	14.0	23.5	40.7	9.05	50.2
Mouton gras	3.45	11.5	45.4	60.3	39.7	2.32	16.1	26.4	44.8	55.2	2.81	12.2	35.6	50.6	6.02	43.4
Mouton extra-gras	2.77	9.1	55.1	67.0	33.0	3.64	16.8	34.5	54.9	45.1	2.90	10.9	45.8	59.6	5.18	35.2
Porc maigre	2.57	14.0	28.1	41.7	55.3	3.07	14.0	15.0	32.1	67.9	2.67	13.7	23.3	39.7	5.22	55.1
Porc gras	1.40	10.5	49.5	61.4	38.6	2.97	14.8	22.8	40.6	59.4	1.65	10.9	42.2	54.7	3.97	41.3
Moyenne générale	3.69	13.5	34.4	51.6	48.4	3.02	17.2	21.0	11.2	58.8	3.17	13.5	28.2	41.9	6.13	19.0
Moyenne des 8 animaux (exclus moutons et porcs maigres)	3.75	13.3	36.5	53.6	46.4	3.12	17.4	22.4	42.9	57.1	3.23	13.3	29.9	46.4	6.26	47.3
Moyenne des 6 animaux (exclus les animaux maigres et demi-gras)	3.38	12.3	39.7	55.4	44.6	3.03	16.9	21.1	41.0	56.0	3.00	12.7	32.8	48.5	5.48	46.0

que dans les quartiers de bœuf réputés de bonne qualité, il y a rarement moins de *deux fois* et fréquemment près de *trois fois* autant de graisse que de substance azotée.

Chez le mouton, de trois à quatre fois autant.

Chez le porc, quatre fois et plus.

Quelle quantité de la *graisse totale* des animaux de boucherie est utilisée dans l'alimentation humaine?

Cette question de statistique intéressante a été, de la part de Lawes et Gilbert, l'objet d'une enquête spéciale; en voici les résultats généraux (*Lettre de M. John Elvart, p. 521*) :

Bœuf. — M. Elvart admet que toute la graisse des quartiers, et 20 p. 100 de la graisse des issues sont utilisées comme aliment ; le reste va aux fonderies.

Mouton. — Toute la graisse des quartiers est consommée; il n'entre pas de graisse des issues dans l'alimentation humaine.

Agneau et veau. — Toute la graisse est utilisée.

Porc. — Graisse des quartiers : celle des issues est consommée à part, — pâtisseries, cuisine; une partie sert aux pharmaciens, — pommades, etc. (La plus grande partie de la graisse d'ours, vendue en Angleterre par la droguerie, est de la graisse de porc.)

Les autres renseignements recueillis par Lawes et Gilbert concordent avec les précédents. En résumé, la proportion de graisse consommée, par rapport à la proportion de substance azotée ingérée est, en *moyenne,* plus considérable dans la pratique que ne l'indiquent les rapports de la graisse totale à la substance azotée totale *dans les quartiers,* parce qu'une partie de la graisse des issues sert à l'alimentation.

3. *Variations de l'eau.*

La dernière colonne du tableau X nous montre que tandis que le taux p. 100 de substance minérale et celui des matières azotées *décroissent* avec la maturation et l'engraissement, celui de la *graisse* croît : mais cette augmentation dans le taux p. 100 est supérieure au décroissement de la matière azotée et de la matière minérale. Cela veut dire qu'il y a, dans l'engraissement, accroissement *définitif* de *substance sèche*, grasse surtout, de l'animal (en centièmes) et par

conséquent, une diminution dans le taux p. 100 de *l'eau*, pendant l'engraissement.

L'examen de la dernière colonne du tableau met ces différences en relief de la manière la plus nette : on voit de plus, en comparant les colonnes 5, 10 et 16 du tableau X, que les os, comme les parties molles, sont plus riches en substance sèche chez les animaux maigres que chez les animaux gras.

Conclusion générale : il y a augmentation dans le taux p. 100 de la substance sèche, variable avec les espèces animales.

ISSUES. 2e DIVISION DU TABLEAU X.

Dans les issues, la tendance à la diminution entre les taux de matière minérale et de substance azotée n'est pas si manifeste ni si régulière que pour les quartiers (ne pas oublier que les matières minérales adhérentes à la laine jouent un rôle perturbateur).

La plus grande partie des issues n'étant pas comestible, les rapports sont d'ailleurs moins importants à noter.

Il y a exception pour le *porc* dont presque tout le corps est consommé : il en résulte que c'est cet animal qui fournit la part la plus considérable de sa substance azotée à l'homme, les issues équivalent, et au delà, aux os.

L'eau est plus abondante dans les issues que dans les quartiers.

3° ANIMAL ENTIER.

Variations de la matière minérale, de la matière azotée et de la graisse.

Récapitulons rapidement les faits importants de cette belle série d'analyses relatives à la composition des animaux.

1° *Substance sèche totale* (estomac et intestin non compris).

Animaux gras.	Le corps entier du veau gras en renferme	34	p. 100 environ.
	— du bœuf gras	48.5	—
	— de l'agneau gras	44	—
	— du mouton gras	50	—
	— — très gras	60	—
	— du porc modérément gras	55	—
Animaux maigres.	— du bœuf demi-gras	40.25	—
	— du mouton maigre	36.75	—
	— du porc maigre	39.75	—

2° *Substance azotée sèche* (corps entier comprenant chair, laine, poil, os, organes internes).

Veau gras	15.5 p. 100 environ.
Bœuf gras	14.5 —
Agneau gras.	12.5 —
Mouton gras.	12.5 —
— très gras.	11 —
Porc modérément gras	11 —

Les animaux maigres contiennent 2 à 3 p. 100, en plus, de substance azotée sèche que les animaux gras correspondants.

3° *Graisse débarrassée de l'eau.*

Veau gras	14.5	p. 100 environ	du poids entier.
Bœuf gras.	30	—	—
Agneau gras	28.5	—	—
Mouton gras	35.5	—	—
— très gras	45.5	—	—
Porc modérément gras	42	—	—

4° *Matières minérales : A l'état maigre,* le corps entier du veau contient probablement 3,5 à 4 p. 100, celui du bœuf 4,5 à 5 p. 100, celui du mouton 3 à 3,5 p. 100 et celui du porc 2 à 3 p. 100 de matière minérale.

5° *A l'état gras,* les taux de matières minérales sont de :

3 1/2 à 4 p. 100	Veau et bœuf.
2.5 à 2.75 p. 100	Agneau et mouton.
1.25 à 1.75 p. 100	Porc (matière minérale).

6° La matière minérale du corps entier des animaux peut être considérée comme renfermant, en moyenne, environ 40 p. 100 d'acide phosphorique et 6 p. 100 de potasse [1].

7° La composition moyenne des six animaux (analysés), dans de bonnes conditions pour la boucherie, peut être considérée comme étant la suivante :

Matière minérale	3 p. 100	49 p. 100 substance sèche.
Matières azotées	13 —	
Graisse	33 —	
Eau	51	
Total.	100	

1. Nous donnons plus loin, en détail, la composition chimique des cendres des dix animaux analysés. (Mémoire publié en 1883.) [V. tableaux XXV et XXVI.]

8° *Graisse.* Dans les animaux réputés maigres (non engraissés) le corps entier des bœufs, moutons, porcs, contient *toujours* plus de graisse que de substance azotée sèche.

9° Le corps entier du bœuf, modérément gras, contient plus de deux fois plus de graisse que de substances azotées.

Celui de l'agneau gras plus de 2 fois plus de graisse ;
— du mouton très gras 4 fois plus de graisse ;
— du porc modérément gras 4 fois plus de graisse.

10° La proportion de matière minérale dans le corps des bœufs, moutons et porcs, *augmente* et *diminue* parallèlement aux taux des substances azotées.

11° *Substance sèche totale.* Les quartiers du bœuf modérément gras et autres animaux contiennent :

Bœuf modérément gras	50 à 55	p. 100 de	substance sèche.
Mouton modérément gras	55 à 60	—	—
— très gras.	65	—	—
Porc modérément gras.	60 à 65	—	—
— très gras.	plus encore	—	—
Agneau.	50	—	—
Veau.	35 à 40	—	—

12° Les quartiers du bœuf modérément gras renferment 2 à 2 1/2 fois plus de graisse que de substance azotée sèche ;

Ceux du mouton modérément gras 3 à 4 fois ;
— — très gras 5 à 6 fois ;
— du porc (tué pour porc frais) 4 fois ;
— — gras beaucoup plus, pour 1 de substances azotées.

Les rapports nutritifs peuvent alors se représenter de la manière suivante pour les trois premiers animaux :

$$\frac{\text{MA}}{\text{Mn Az}} = \frac{1}{3 \text{ à } 4} = \frac{1}{5 \text{ à } 6} = \frac{1}{4}$$

Le mot *engraissement* est donc très bien choisi et très juste : c'est la graisse qui forme surtout l'accroissement.

Le résultat final de l'engraissement est donc : augmentation de substance sèche et de *graisse :* diminution *relative* du taux de substance azotée.

C'est ce qui nous reste à établir en étudiant la composition chimique de l'accroissement durant l'engraissement.

Section VII. — Évaluation de la composition de l'accroissement en poids dans l'engraissement des animaux.

Les immenses recherches de Lawes et Gilbert offrent un double point de vue également important. La question de l'alimentation humaine et la théorie de l'alimentation pour l'engraissement.

Nous avons successivement examiné les parties des travaux de ces savants relatives :

1° A la détermination du poids moyen effectif et du taux centésimal des organes et des diverses parties des animaux ;

2° Aux méthodes analytiques appliquées à l'examen chimique des animaux ;

3° A la composition chimique : azote, matière minérale, graisse, substance sèche des dix animaux types.

Nous arrivons à l'application de ces données à l'engraissement. L'examen des dernières parties des travaux de Rothamsted n'est pas moins intéressant que celui des précédentes.

Le problème dont Lawes et Gilbert ont cherché la solution expérimentale peut s'énoncer ainsi :

1° Déterminer la composition en principes azotés, gras et minéraux de l'accroissement en poids des animaux dans l'engraissement ;

2° Déterminer la relation existant entre les principes fixés, pour constituer l'augmentation de poids dans l'engraissement, et les principes consommés dans le fourrage.

La solution importe directement, on le voit, à la question de l'élevage et de l'engraissement.

Une vue d'ensemble résumant tous les travaux de Lawes et Gilbert terminera cette étude.

Les tableaux XI et XII renferment les principaux résultats des recherches consignées dans six mémoires publiés de 1849 à 1855 sur les questions suivantes :

Quantités des principes azotés, non azotés et de la substance sèche totale consommés :

1° Pour un poids vif donné d'animal en un temps donné ;

2° Pour produire un poids donné d'accroissement en poids vif.

TABLEAU XI

Quantités de substance azotée, non azotée, substance sèche totale, consommées :

1° par 100 kilogr. de poids vif et par semaine ;
2° pour produire un accroissement en poids vif de 100 kilogr.

MOUTON

NUMÉROS DES PARCS.	NATURE DU FOURRAGE DONNÉ		SUBSTANCES CONSOMMÉES par 100 kilogr. de poids vif par semaine.			SUBSTANCES CONSOMMÉES pour produire 100 kilogr. d'accroissement en poids vif.			SUBSTANCE azotée du fourrage est à substance non azotée. :: 1 :
	en quantité limitée.	*ad libitum.*	Azotée.	Non azotée.	Sèche totale compris matières minérales	Azotée.	Non azotée.	Sèche totale compris matières minérales	
	SÉRIE I. — 5 moutons dans chaque parc pendant 14 semaines.								
1	Tourteaux.	Turneps de Suède.	2.53	9.80	13.05	170	657	876	3.86
2	Avoine		1.69	11.29	13.66	103	691	863	6.70
3	Trèfle sec.		1.80	12.98	15.75	103	714	902	7.22
4	Paille d'avoine.		1.13	10.11	11.99	103	923	1083	8.96
	Moyennes.		1.79	11.05	13.59	120	754	931	6.28
	SÉRIE II. — 5 moutons dans chaque parc. 19 semaines.								
1	Tourteaux.	Foin de trèfle.	3.77	12.96	18.18	321	1103	1518	3.44
2	Lin		3.21	12.69	17.19	289	1141	1550	3.96
3	Orge.		2.56	13.83	17.61	235	1269	1619	5.40
4	Malt.		2.56	14.01	17.82	266	1153	1851	5.48

1	Turneps de Norfolk, récoltés sur engrais exclusivement minéraux.		1.20	10.20	12.22	191	1628	1950	8.52
2	Turneps de Norfolk, récoltés sur engrais minéraux et sels ammoniacaux		1.52	9.21	11.59	153	930	1170	6.08
3	Turneps de Norfolk, récoltés sur engrais et tourteaux de navette.		1.69	8.80	11.13	224	1682	2186	5.19
4	Turneps de Norfolk, récoltés sur engrais minéraux, sels ammoniac. et tourteaux.		2.14	7.60	10.68	»	»	»	3.55
	Moyennes.		1.61	8.96	11.18	223	1113	1760	5.46

SÉRIE IV. — 5 moutons dans chaque parc. 10 semaines.

1	Orge concassée.	Mangold (Betteraves.)	1.71	10.59	13.11	118	732	905	6.20
2	Malt concassé et débris de malt.		1.65	10.08	12.50	111	677	840	6.10
3	Orge concassée et trempée		2.09	12.61	15.73	121	730	909	6.03
4	Malt et déchets trempés.		1.77	10.70	13.31	136	822	1022	6.04
5	Malt et déchets de malt (en quantité exagérée)		1.90	11.63	11.42	127	776	961	6.11
	Moyennes.		1.82	11.12	13.81	123	748	927	6.08

SÉRIE V. — Différentes races de moutons.

46 Costwold . . . . . (20 sem.)	Tourteaux et trèfle.	Turneps de Suède.	3.52	12.40	17.07	116	583	802	3.51
40 Leicester . . . . . (20 sem.)			3.57	11.16	15.68	187	619	870	3.31
40 Cros-bred Wether . (20 sem.)			3.53	11.69	16.43	186	616	866	3.31
40 Cros-bred Ewes . . (20 sem.)			3.48	11.51	16.21	185	610	858	3.30
40 Haut Down . . . . (26 sem.)			3.38	11.07	15.63	187	613	866	3.28
40 Sussex Down . . . (26 sem.)			3.37	10.99	15.55	190	620	877	3.26
	Moyennes.		3.41	11.17	16.09	181	610	856	3.33

TABLEAU XII

Quantités de substance azotée, non azotée, substance sèche totale, consommées :

1° par 100 kilogr. de poids vif et par semaine;
2° pour produire un accroissement en poids vif de 100 kilogr.

PORC

NUMÉROS DES PARCS.	NATURE DU FOURRAGE DONNÉ		SUBSTANCES CONSOMMÉES par 100 kilogr. de poids vif par semaine.			SUBSTANCES CONSOMMÉES pour produire 100 kilogr. d'accroissement en poids vif.			SUBSTANCE azotée du fourrage est à substance non azotée. :: 1 :
	en quantité limitée.	*ad libitum.*	Azotée.	Non azotée.	Sèche totale compris matières minérales	Azotée.	Non azotée.	Sèche totale compris matières minérales	
	SÉRIE I. — 3 porcs dans chaque parc. 8 semaines.								
1	Rien	Farine de fèves et lentilles.	8.84	17.6	28.0	138	275	437	1.99
2	Farine de maïs.	Farine de fèves et lentilles.	8.13	19.8	29.3	114	278	412	2.43
3	Sons	Farine de fèves et lentilles.	7.71	17.8	27.1	161	372	566	2.31
4	Maïs et sons.	Farine de fèves et lentilles.	6.87	20.0	28.2	121	351	496	2.91
5	Rien	Farine de maïs.	2.91	19.3	22.5	57	378	452	6.61
6	Farine de fèves et lentilles	Farine de maïs.	4.55	21.1	26.3	73	337	420	4.65
7	Sons	Farine de maïs.	3.95	22.5	27.1	58	332	401	5.69
8	Fèves, lentilles et sons.	Farine de maïs.	5.20	22.1	28.3	73	309	396	4.26
9	Fèves et lentilles (farine).	Sons.	5.19	13.7	20.1	198	523	770	2.64
10	Maïs (farine).	Sons.	3.90	18.7	23.7	130	620	785	4.77
11	Farine de maïs. Lentilles et fèves.	Sons.	4.96	17.0	23.4	114	391	510	3.43
12	Farine de fèves, lentilles, maïs et sons (*ad libitum* de chacun)		6.12	20.1	27.2	107	350	474	3.28

1	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	6.69	14.5	22.2	146	317	481	2.17
2	1306 grammes farine d'orge		8.29	22.6	32.1	137	371	533	2.72
3	453 — sons		8.73	20.0	30.2	152	348	525	2.29
4	1306 — farine d'orge. 453 — sons		6.89	20.6	28.6	125	358	525	3.01
5	Rien	Farine d'orge.	3.91	23.6	28.3	64	345	461	6.02
6	680 grammes fèves ; 680 grammes lentilles		5.17	20.0	26.0	91	352	159	3.87
7	453 — sons		4.06	23.2	28.2	66	378	160	5.71
8	680 — fèves ; 680 grammes lentilles. 453 — sons		4.64	17.2	22.7	109	372	191	3.71
9	Mélange de 1 partie de sons, 2 parties de farine d'orge et 3 parties de farine de fèves et lentilles, le tout *ad libitum*.		6.65	20.6	28.1	117	362	501	3.10
10	Même régime, mais en quantité double que le parc 9.		7.03	21.9	30.3	110	342	473	
11	Mélange d'une partie de sons, 2 parties farine de fèves et de lentilles, 3 parties de farine d'orge, le tout *ad libitum*.		5.86	21.4	28.4	85	320	425	3.66
12	Même régime que parc 11 doublé		6.02	22.1	29.4	87	321	425	
		Moyennes	6.15	20.6	27.9	107	351	480	3.32

SÉRIE III. — 4 porcs dans chaque parc. 8 semaines.

1	Morue sèche	Sons et farine de maïs à parties égales.	5.30	16.6	23.7	101	326	464	3.13
2	Morue sèche	Farine de maïs.	4.36	16.6	22.1	75	287	382	3.80
3	Morue sèche, sons et farines de maïs, parties égales *ad libitum*		5.71	19.5	27.0	108	368	511	3.41
4	Morue sèche	Mélange de 2 parties farine d'orge et 1 partie farine de sons.	5.95	21.0	28.9	98	346	476	3.53
5	Morue sèche	Farine d'orge.	5.76	25.7	33.0	80	357	458	4.47
		Moyennes	5.42	19.9	27.0	93	337	458	3.62

SÉRIE IV. — 3 porcs dans chaque parc. 10 semaines.

1	Lentilles et sons	Sucre.	4.89	19.9	25.8	81	330	427	4.07
2		Fécule.	4.90	20.0	25.7	81	329	425	4.07
3		Sucre et fécule.	4.85	22.9	28.6	71	351	439	4.71
4	Lentilles, sons, sucre et fécule, de chacun *ad libitum*		5.70	22.4	29.0	82	320	117	3.90
		Moyenne	5.09	21.3	27.3	79	332	427	4.15

Afin d'obtenir les données suffisantes pour résoudre ces deux questions, Lawes et Gilbert ont soumis plusieurs centaines d'animaux, bœufs, moutons et porcs, pendant des semaines ou des mois consécutifs à une alimentation dont le *poids* et la *composition* étaient connus. Les animaux ont été pesés au commencement et à la fin de chaque période d'expérience.

Les détails relatifs à chaque essai se trouvent dans les mémoires dont je donne la nomenclature à la fin de cette étude.

Le tableau XI présente une récapitulation des expériences relatives aux moutons.

Le tableau XII le résumé de celles relatives aux porcs.

La substance organique du fourrage a été divisée en deux catégories seulement : 1° substance azotée (en bloc); 2° substance non azotée : cette division est manifestement imparfaite, ainsi que l'observent Lawes et Gilbert : en effet, il est difficile de faire le départ entre les divers éléments non azotés digestibles, fécule, sucre, graisse et l'élément non digestible, cellulose brute [1].

La classe désignée sous la rubrique *matière azotée,* calculée d'après la teneur en azote, renferme nécessairement des substances très diverses suivant la nature du fourrage. Les produits récoltés à maturité doivent en moyenne être plus riches que les substances récoltées avant maturité.

Dans les végétaux eux-mêmes, une partie des principes azotés existe à un état non assimilable.

De même, dans les récoltes mûres, les principes azotés existent à des états divers de digestibilité et d'assimilabilité. On remarquera cependant que les matières dites *non azotées* sont constituées par des substances ligneuses, cellulose brute, fécule, sucre et gomme unies à de la matière grasse de composition chimique très analogue.

Des expériences postérieures au mémoire que nous analysons ont démontré qu'une partie considérable de la cellulose des matières alimentaires est digestible et, en tant que telle, doit être rangée à côté du sucre et de la fécule.

Il faut se souvenir cependant qu'une forte proportion du ligneux

---

1. On admettait à cette époque que la cellulose brute n'était pas digestible. L. G.

contenu dans ce que Lawes et Gilbert désignent sous le nom de matières non azotées, traverse le corps de l'animal sans être digérée.

De plus, autant qu'on en peut juger, les composés analogues à la pectine sont, à *poids égal,* de moindre valeur, au point de vue de l'engraissement, que la fécule et le sucre.

Pratiquement, comme nous l'avons dit, Lawes et Gilbert ont été conduits à admettre qu'un poids de matière grasse donné dans le fourrage peut être considéré comme équivalant à 2 1/2 fois le même poids de sucre ou de fécule.

Dans les tableaux XI et XII ces diverses matières sont confondues sous un titre unique, matières non azotées. Il n'y a que deux groupes d'aliments : azotés, non azotés ; dans le mémoire spécial sur l'engraissement du porc, la graisse a été calculée à part. (V. Tabl. XVIII.)

Après ces observations préliminaires, arrivons au rapide examen des conclusions générales à tirer de ces belles séries d'expériences.

1° Dans tous les cas comparables, les totaux des colonnes de matières azotées et de substance sèche totale présentent des écarts moins considérables que ceux de la colonne *matières azotées.* Cela est vrai pour les deux séries d'observations (par 100 kilogr. poids vif par mois; par 100 kilogr. poids vif accroissement).

Les écarts, par rapport à la régularité générale des 3 colonnes sont cependant beaucoup moindres encore que les chiffres ne l'indiquent, si l'on fait le départ, comme il est juste, entre la quantité des principes non azotés du fourrage qui ne fait que traverser le corps de l'animal sans éprouver de changement, et celle qui est réellement digestible et utilisée (assimilée) par l'animal.

Il faut remarquer en outre que, tout en tenant compte de cette différence dans la digestibilité, les quantités d'aliments doivent couvrir toutes les erreurs ou variations (différences dans les conditions extérieures, différences spéciales, individuelles des animaux, différences dans les quantités assimilées d'après la combinaison des fourrages, et toutes autres conditions qui ne se peuvent traduire en chiffres, comme cela arrive toujours dans l'expérimentation sur les êtres vivants.

D'autre part, tandis que les matières non azotées présentent dans les quantités de principes *utilisables* une assez grande uniformité, en

général le taux des principes azotés, dans les mêmes circonstances, varient dans la proportion de un à deux et à trois. Excepté un petit nombre de cas, ces écarts ne peuvent être attribués qu'à des différences dans la nature des substances azotées sous le rapport de leur digestibilité et de leur assimilabilité [1].

Le porc exige une *masse* beaucoup moindre dans son alimentation que le bœuf ou le mouton.

Tandis que la ration d'engraissement de ces derniers est principalement composée d'herbe, de foin ou de paille et de racines, additionnés d'une quantité relativement minime de tourteaux, celle du porc comprend une bien plus forte proportion de grains et sa substance sèche, à poids égal, beaucoup plus d'éléments digestibles (fécule, sucre, etc., et composés azotés plus assimilables) et beaucoup moins de ligneux que celle des ruminants.

Malgré la richesse plus grande de ses aliments, le porc à l'engrais consomme encore une plus forte quantité de substance sèche, par rapport à son propre poids, que le mouton.

En même temps, son accroissement en poids vif, relativement à la teneur en substance sèche de son fourrage est plus considérable que celui des ruminants.

Mouton. — Pratiquement, on peut admettre que le mouton, nourri libéralement avec un bon fourrage composé d'une quantité modérée de tourteaux ou de grains, d'un peu de foin ou de paille hachés, de racines ou autre fourrage succulent s'accroît, pendant une longue période de temps, d'une *partie* en *poids vif* pour *huit* à *dix parties* de substance sèche du fourrage mixte consommé.

Les quantités nécessaires de substance sèche du fourrage varient, dans certaines limites, avec la nature et la qualité des aliments et avec d'autres circonstances.

Mais on peut admettre comme un résultat moyen très approché de la vérité que neuf parties de substance sèche du fourrage correspondent à une partie d'accroissement en poids vif, quand le fourrage est bon et l'animal bien soigné.

1. Depuis les recherches de Lawes et Gilbert, on a montré qu'une partie des principes azotés des végétaux existe, dans ces derniers, à l'état de corps amidés peu ou pas assimilables par les animaux. L. G.

Porc. — Largement nourri, le porc croît d'une partie en poids pour quatre à cinq de substance sèche du fourrage consommé. Lawes et Gilbert admettent les proportions suivantes de substance sèche dans les divers aliments, en moyenne :

Tourteaux et graines étrangères, 6/7 de leur poids, rarement plus.
Foin, graine indigène, 6/7, rarement moins.
Turneps ordinaires, 1/12.
— de Suède, 1/9.
Betterave fourragère (mangolds), 1/8.
Pommes de terre, 1/4.

Chez le bœuf et le mouton à l'engrais, un fourrage de bonne qualité donne le maximum d'accroissement, pour un taux donné de substance sèche, lorsque le rapport des *substances azotées* aux substances *non azotées* s'élève, dans cette dernière, à 1/5 ou 1/6. Ce dernier rapport est sensiblement celui qu'affectent ces deux classes de principes dans les graines ou céréales. Mais, dans ces dernières, la proportion de ligneux est bien moindre que dans le fourrage mixte consommé par les bœufs et par les moutons.

Quand les porcs sont exclusivement alimentés de grains, le rapport 1/5 ou 1/6 semble être suffisant pour obtenir le maximum d'accroissement, par rapport à la substance sèche du fourrage consommé.

Mais, eu égard à la moindre teneur du fourrage du porc en substance ligneuse indigestible, il en résulte que le maximum d'accroissement peut être obtenu chez le porc avec un taux moins élevé de substances azotées par rapport aux principes *non azotés* digestibles, que chez les ruminants.

Les proportions ci-dessus sont celles qui, généralement, donnent pour les animaux indiqués le *maximum* d'accroissement, durant la dernière période d'engraissement.

L'accroissement consiste (avec le rapport 1/5) principalement en graisse. Dans les premières périodes de la croissance et de l'engraissement une proportion un peu plus élevée d'éléments azotés est désirable, sinon essentielle, pour le meilleur développement de l'animal.

Il faut remarquer qu'en tenant compte du prix comparatif des

substances riches en azote et de celui des aliments moins azotés, ainsi que de la plus grande valeur du fumier produit lors de l'alimentation fortement azotée, il est toujours plus profitable au fermier d'employer une alimentation plus riche en azote (même à la fin de l'engraissement) que ne l'exige le maximum d'accroissement en poids vif.

Il résulte clairement des recherches de Lawes et Gilbert que lorsque le fourrage est un peu moins riche en substances azotées que ne le sont les fourrages courants, c'est bien plus leur teneur en principes non azotés que leur richesse en matières protéiques qui *règle à la fois* la quantité de fourrage consommé et l'accroissement en poids vif produit.

Quand l'on considère combien est large la part d'influence que l'exigence des processus respiratoires doit exercer sur la quantité de fourrage consommé, il n'y a pas lieu de s'étonner que la combustion soit bien plutôt réglée par la proportion dans le fourrage de composés riches en carbone et en hydrogène, que par celle de l'azote. Cette assertion que le taux d'accroissement est bien plus étroitement lié au taux des principes non azotés qu'à celui des matières protéiques pouvait sans doute paraître peu en accord avec l'opinion généralement admise, en 1860, sur le caractère de *riche teneur azotée du corps animal :* mais nous avons vu qu'il en faut rabattre à ce sujet ainsi qu'avec cette idée, fréquemment affirmée, que les matières alimentaires courantes contiennent généralement une proportion de substance azotée *insuffisante* pour fournir la quantité d'azote requise pour la production et la restauration des composés protéiques de l'organisme animal. Ces idées tout à fait neuves, en 1860, sont devenues depuis des vérités incontestées.

Les faits exposés dans cette importante partie des travaux de Lawes et Gilbert peuvent se résumer en quelques propositions d'un grand intérêt pour la pratique :

1° Bœufs et moutons.

Les *bœufs* à l'engrais, largement alimentés avec un bon fourrage composé de tourteaux ou de grains en proportion modérée, de foin ou de paille hachés, et de racines ou autre aliment succulent, et bien soignés, consomment en moyenne :

12 à 13 kilogr. de substances sèches d'un tel mélange par 100 kilogr. de poids vif, par semaine.

Soit $1^{kg},800$ par jour et par 100 kilogr. poids vif.

A cette consommation correspond 1 kilogr. d'accroissement en poids vif.

Les *moutons*, dans des conditions analogues (mais avec une proportion moindre de foin ou de paille), consomment 15 kilogr. de substance sèche du fourrage mixte par 100 kilogr. de poids vif et par semaine.

Soit $2^{kg},140$ par jour et par 100 kilogr. poids vif.

Ils produisent 1 kilogr. d'accroissement, poids vif, par 9 kilogr. de substance sèche de fourrage.

Si le fourrage est de bonne qualité, les bœufs et les moutons peuvent atteindre le maximum d'accroissement en poids vif, pour un taux donné de substance sèche du fourrage, lorsque ce dernier renferme 5 fois autant de principes non azotés que de substances protéiques $\left(\frac{\text{MAz}}{\text{MnAz}} = \frac{1}{5}\right)$.

2° Les *porcs*, largement nourris, avec un fourrage principalement composé de grains, consomment :

26 à 30 kilogr. de substance sèche par 100 kilogr. de poids vif et par semaine : soit 4 kilogr. par 100 kilogr. et par jour (moyenne).

Ils produisent 1 kilogr. de poids vif d'accroissement par 4 à 5 kilogr. de substance sèche du fourrage.

Le maximum d'accroissement en poids vif est atteint par le rapport nutritif $\frac{\text{MAz}}{\text{MnAz}} = \frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$.

Dans les graines le rapport $\frac{\text{MAz}}{\text{MnAz}} = \frac{1}{6}$, rarement plus.

Ce même rapport devient : dans les légumineuses $\frac{1}{2}$, les tourteaux $\frac{6}{7}$, le turneps $\frac{1}{12}$, le navet de Suède $\frac{1}{9}$, les pommes de terre $\frac{1}{4}$.

3° Avec le rapport $\frac{\text{MAz}}{\text{MnAz}} = \frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$, la chair formée est très grasse

(l'accroissement est probablement très *gras* surtout) chez le bœuf, le mouton et le porc.

Dans les premières périodes de croissance et d'engraissement la teneur doit être moindre en principes non azotés : $\left(\text{Rapport } \frac{1}{3} \text{ ou } \frac{1}{4}\right)$.

4° En tenant compte de la dépense en fourrage, de la plus-value, du fumier (aliments azotés riches), l'éleveur a presque toujours intérêt, même à la fin de l'engrais, à employer une plus forte proportion d'*azote* qu'il n'est nécessaire pour obtenir le *maximum* d'accroissement en poids vif, pour un taux donné de substance sèche du fourrage.

Nous arrivons maintenant à l'examen de la composition du *croît* des bœufs, moutons et porcs dans l'engraissement. Il faut entendre par là, les proportions de chair, d'os, de graisse, d'eau et de matières minérales qui forment le croît.

Évaluation de la composition de l'accroissement en poids des animaux engraissés.

Tableaux XXIII, XXIV et XXV.

Il est évident que, connaissant la composition d'un animal pesant un poids donné, 100 kilogr. par exemple, et celle du même animal pesant, après engraissement, un poids plus élevé, 150 kilogr. par exemple, il serait très facile de calculer la composition réelle et le pourcentage de l'accroissement (50 kilogr.).

La difficulté pratique réside dans ce fait que nous ne pouvons connaître la composition *exacte* de l'animal, ni au moment où on commence à l'engraisser, ni lorsqu'il s'est accru d'un poids déterminé. Substituant le calcul à l'analyse impossible, Lawes et Gilbert ont appliqué respectivement aux animaux maigres (avant l'engraissement) et aux animaux gras, la composition trouvée expérimentalement pour les deux types (maigre et gras) précédemment analysés, en choisissant des animaux aussi identiques (dans les deux cas) que possible aux types choisis.

C'est cette méthode que Lawes et Gilbert ont appliquée à la détermination de la composition de l'*accroissement* sur

98 bœufs
349 moutons } soumis à l'engraissement
80 porcs

et divisés en de nombreux groupes d'après la race, l'état de maturité, l'âge, la nature du fourrage.

Les tableaux XIII, XIV et XV donnent toutes les indications numériques de ces expériences :

Tableau XIII pour les bœufs;

Tableau XIV pour les moutons ;

Tableau XV pour les porcs.

Il est évident que l'exactitude des évaluations de la composition de l'*accroissement* inscrites dans ces tableaux dépend entièrement du degré d'identité de composition des animaux types analysés avec celle des animaux auxquels s'appliquent les données analytiques qui ont servi à ces calculs.

Les résultats, en effet, ne doivent être considérés que comme des approximations ; ces données constituent cependant les bases le mieux applicables à de semblables calculs. Lawes et Gilbert ont expérimenté eux-mêmes sur les porcs et sur les moutons; les nombres des tableaux que nous avons précédemment exposés avec quelque détail sont les résultats de ces recherches. Quant aux bœufs, Lawes et Gilbert ont pris, pour bases de leurs évaluations sur la composition de l'*accroissement,* les essais les mieux suivis en Angleterre sur le passage des animaux de l'espèce bovine de l'état demi-gras à l'état gras.

Pour évaluer la composition de l'accroissement des porcs à l'engrais, Lawes et Gilbert ont choisi comme terme de comparaison la différence entre la composition du porc *maigre* et celle d'un porc (de la même portée) engraissé : l'analyse des porcs *maigre* et *gras* leur a servi pour calculer l'accroissement chez les autres porcs.

Bœuf: L'expérience qui fournit, selon toute probabilité, les chiffres les plus exacts est celle qui porte sur 50 bœufs, engraissés pendant 29 semaines et 3/4 et qui a donné l'accroissement centésimal maximum.

La moyenne des 98 animaux donne pour la composition de l'accroissement :

Substances sèches 75.4 p. 100 formée de	Graisse.	66.2
	Matière azotée sèche . .	7.69
	Cendres	1.49

TABLEAU XIII

Composition (calculée) de l'accroissement des bouvillons et génisses à l'engrais.

Nota. — Les poids à l'origine sont déduits de la composition du bœuf demi-gras, analysé ; les poids à la fin de l'expérience de la composition du bœuf gras, analysé.

Conditions générales de l'expérience.						Calculé en centièmes de l'accroissement.			
Autorités.	Animaux.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Fourrages.	Accroissement p. 100 du poids vif à l'origine.	Matières minérales. Cendres.	Matière azotée sèche.	Graisse sèche.	Substance totale sèche.
			sem. jours.						
M. Templeton. . . .	Génisses.	12	18 6	Turneps de Suède, foin et paille d'avoine.	26.0	1.05	6.51	72.5	80.0
Hon. capt. Grey. . .	Bouvillons.	50	29 3/4	Tourteaux, farine de fèves et turneps.	30.4	1.47	7.68	66.3	75.4
Hon. capt. Grey. . .	Bouvillons.	36	26 3/4	Tourteaux, farine de fèves et turneps.	32.4	1.62	8.10	64.1	73.8
Moyenne de 98 animaux.					»	1.47	7.69	66.2	75.4

Ces chiffres peuvent être considérés comme représentant très exactement la composition moyenne de l'accroissement, pour la période de six mois, ou plus, d'animaux soumis à un bon régime d'engraissement et amenés à la fin de l'expérience à un bon état de maturité et de graisse.

Lawes et Gilbert remarquent que la tendance à de légères erreurs peut être une évaluation un peu trop élevée pour la graisse et la substance sèche totale, et un peu trop basse pour la matière azotée.

Moutons. — Examinons le tableau XIV. Il comprend différentes *classes* d'animaux suivantes :

1° Nourris avec des fourrages différents ;

2° Pendant des périodes de temps inégales.

Il y a eu, par conséquent, des accroissements, *pour cent,* différents, et le taux p. cent des quartiers rapportés au poids vif varie également.

Il a été tenu compte des conditions diverses de ces expériences, dans le choix fait des données à adopter pour calculer les accroissements.

Classe I. — Un grand nombre d'animaux nourris pendant une période considérable. Pris à l'état maigre, conduits à l'état gras.

Bases du calcul. — Composition de l'animal *maigre* et de l'animal *gras* analysés, comparés.

Classe II. — Animaux pris à l'état *gras* conduits jusqu'à l'état *très gras* (*Christmas mutton*).

Bases du calcul : Animal *gras,* animal *extra gras* analysés.

Classes III et *IV.* — Animaux pris à l'état demi-gras et conduits à l'*engraissement modéré.*

Dans la *classe III* la période d'engraissement a été relativement courte.

Dans la *classe IV* le fourrage n'était pas bien adapté à l'engraissement. Il suit de là que la proportion de l'accroissement rapportée aux poids originaires moyens atteint seulement la moitié de ce qu'elle a été dans la *Classe I.*

Eu égard à ces circonstances, les *bases du calcul* sont, pour les classes III et IV :

La *moyenne* entre la composition du mouton *maigre* et du mouton *gras* pour point de départ ; la composition du mouton gras pour point d'arrivée.

TABLEAU XIV

Composition de l'accroissement (en poids vif) du mouton à l'engrais.

Conditions générales des expériences. Race.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Nature du fourrage. En quantité limitée.	Nature du fourrage. *ad libitum.*	Accroissement p. 100 du poids vif à l'origine.	Quartiers p. 100 du poids vif à jeun.	Matières minérales. Cendres.	Substance azotée sèche.	Matière non azotée. Graisse.	Total de la substance sèche.
Classe I. — Poids à l'origine : Composition du mouton maigre. Poids final : Composition du mouton gras.										
		s. j.								
Cotswold.	46	19.5	Tourteaux et foin de trèfle.	Turneps de Suède.	53.1	59.6	2.14	7.34	67.5	77.0
Leicester.	40	20.0			44.0	57.2	2.01	6.34	74.2	82.5
Cros-bred Wether.	40	20.0			46.8	58.0	2.06	6.70	71.8	80.6
Cros-bred Ewes .	40	20.0			46.6	58.6	2.05	6.67	72.0	80.7
Haut down. . . .	40	26.0			61.4	59.5	2.23	8.01	63.2	73.5
Sussex down. . .	40	26.0			59.9	58.9	2.22	7.90	63.9	74.0
				Moyennes.	52.0	58.6	2.12	7.16	68.8	78.0
Classe II. — Poids à l'origine : Composition du mouton gras. Poids final : Composition du mouton extra-gras.										
Cotswold.	6	34.6	Tourteaux et foin de trèfle.	Turneps de Suède.	39.5	64.1	3.13	7.86	70.0	81.0
Leicester.	7	34.4			41.0	64.6	3.13	8.02	68.7	79.9
Cros-bred Wether.	8	34.4			40.2	64.8	3.09	7.95	69.3	80.4
Cros-bred Ewes .	8	34.4			42.1	64.3	3.10	8.07	68.5	79.6
Haut down. . . .	8	31.5			33.2	63.2	3.17	7.18	75.3	85.6
Sussex down. . .	8	31.5			34.0	63.2	3.13	7.41	73.5	84.1
				Moyennes.	38.3	64.0	3.12	7.75	70.9	81.8
Classe III (série I). — Poids à l'origine : Moyenne de la composition du mouton maigre et du mouton gras. Poids final : Composition du mouton gras.										
Haut down. . . .	5	13.6	Tourteaux	Turneps de Suède.	23.3	56.6	2.00	6.69	72.0	80.7
	5	13.6	Avoine.		25.8	56.5	2.12	7.21	68.5	77.8
	5	13.6	Trèfle.		27.8	53.3	2.19	7.59	66.1	75.7
				Moyennes.	25.6	55.5	2.10	7.16	68.8	78.1
Classe IV (série II). — Poids à l'origine : Moyenne de la composition du mouton maigre et du mouton gras. Poids final : Composition du mouton gras.										
Haut down. . . .	5	19.1	Tourteaux	Trèfle.	25.1	56.6	2.10	7.08	69.4	78.5
	5	19.1	Lin.		23.6	57.5	2.10	6.71	71.6	80.3
	5	19.1	Orge.		23.1	58.5	2.01	6.62	72.4	81.0
	5	19.1	Malt		20.1	59.2	1.90	5.78	77.8	85.4
				Moyennes.	23.0	57.9	2.03	6.55	72.8	81.3
Classe V (série IV). — Poids à l'origine : Moyenne de la composition du mouton maigre plus $^2/_3$ de la différence entre mouton maigre et mouton gras. Poids final : Composition du mouton gras.										
Haut down. . . .	4	10.0	Orge concassée . .	Mangold. (Betteraves)	15.6	58.3	2.10	6.67	71.8	80.6
	5	10.0	Malt concassé et déchets.		16.1	57.9	2.10	6.86	70.7	79.7
	4	10.0	Orge concassée et trempée.		18.9	57.1	2.17	7.68	65.4	75.3
	4	10.0	Malt concassé et trempé.		13.9	58.6	1.92	5.90	76.1	81.2
	5	10.0	Malt concassé et déchets de malt.		16.2	55.9	2.01	6.91	70.5	79.4
				Moyennes.	16.1	57.6	2.07	6.81	70.9	79.8
				Moyennes générales.			2.34	7.13	70.4	79.9

Classe V. — Par des considérations analogues, les poids primitifs pour la classe V ont été établis : *pour le départ,* mouton maigre plus 2/3 de la composition du mouton gras ; pour la fin, la composition du mouton gras.

Le taux p. 100 des quartiers rapportés au poids vif montre très bien l'état final comparatif dans les divers lots ; il n'y a pas de différences bien sensibles dans les classes I, III, IV et V.

D'après les chiffres du tableau XIV, la matière minérale entrerait pour 2 à 3 p. 100 dans l'accroissement; l'une et l'autre de ces déterminations sont indubitablement trop élevées.

L'erreur est due à la saleté de la laine qui retient toujours beaucoup de substance minérale (suint) et matières accidentelles.

En écartant les cendres de la laine du calcul, le taux de la matière minérale s'abaisse certainement au-dessous de 2 p. 100 et tombe même au-dessous de 1,5 dans certains cas.

L'accroissement du *mouton* correspond, en moyenne, à

Substances sèches : 79.9 p. 100 composées de	Matières azotées . . .	7.13
	Graisse	70.40
	Cendres	2.40

Cela montre que dans l'accroissement pendant l'engraissement, le pourcentage des matières azotées est un peu moindre et celui de la substance sèche et de la graisse un peu plus élevé chez le mouton que chez le bœuf.

Porcs. — Tableau XV.

Accroissement (passant du maigre au gras) d'après les analyses.

Substance sèche : 71.4 p. 100	Composés azotés	7.76
	Graisse	63.1
	Matières minérales. . . .	0.53

Accroissement sur l'ensemble des animaux soumis à l'expérience.

Substance sèche : 78.0 p. 100	Composés azotés.	6.44
	Graisse	71.5
	Matières minérales. . . .	0.06

Dans l'ensemble des animaux de cette série, il y a moins de matière azotée, beaucoup moins de matières minérales et 9 p. 100

TABLEAU XV

Composition de l'accroissement en poids vif du porc à l'engrais.

Nota. — Dans tous les cas, pour le poids à l'origine, on a pris la composition du porc maigre, et pour le poids final, la composition du porc gras.

Conditions générales des expériences. Parcs.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Nature du fourrage. En quantité limitée.	Nature du fourrage. *ad libitum.*	Accroissement pour 100 du poids vif à l'origine.	Quartiers pour 100 du poids vif à jeun.	Matières minérales. Cendres.	Substance azotée sèche.	Matière non azotée. Graisse.	Total de la substance sèche.
			Porc maigre et porc gras, réellement analysés.							
»	1	s. j. 10.0	Mélange de 1 partie sons, 2 parties farine de lentilles, 3 parties farine d'orge, *ad libitum*.		85.4	82.8	0.53	7.76	63.1	71.4
»	1	»	. . . .			75.7				
			SÉRIE I.							
1	3		Rien.	Farine de fèves et lentilles.	68.9	81.9	0.16	6.73	69.6	76.5
2	3		Farine de maïs.		79.6	83.0	0.35	7.29	65.9	73.6
4	3		Farine de maïs et sons		59.0	82.2	0.07	6.03	74.2	80.1
5	3		Rien.	Farine de maïs.	51.3	85.4	0.36	5.29	79.0	81.0
6	3	8. 0	Farine de fèves et lentilles. . . .		67.0	84.4	0.10	6.61	70.4	77.1
7	3		Sons.		74.5	83.7	0.26	7.02	67.5	74.9
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons. .		80.3	83.5	0.37	7.32	65.7	73.4
12	3		Farine de fèves, lentilles, maïs et sons; de chacun *ad libitum*. . .		59.7	83.9	0.04	6.05	73.9	79.8
	24			Moyennes.	67.5	83.3	0.09	6.54	70.8	77.4
			SÉRIE II.							
1	3		Rien.	Farine de fèves et lentilles.	45.0	»	0.66	4.56	84.1	88.0
2	3		Farine d'orge		63.7	»	0.03	6.37	71.9	78.3
3	3		Sons.		59.7	»	0.01	6.07	73.8	79.8
4	3		Farine d'orge et sons		55.7	»	0.17	5.71	76.1	81.7
5	3		Rien.	Farine d'orge.	64.9	»	0.07	6.46	71.6	77.8
6	3		Farine de fèves et de lentilles. . .		58.6	»	0.08	5.98	71.4	80.3
7	3	8. 0	Sons.		65.0	»	0.07	6.46	71.3	77.8
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons .		41.6	»	0.64	4.49	84.4	88.2
9 et 10	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine d'orge et 3 de farine de fèves et lentilles, *ad libitum*.		63.7	»	0.05	6.38	71.8	78.3
11 et 12	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine de fèves et lentilles et 2 farine d'orge, *ad libitum*		74.6	»	0.27	7.05	67.4	74.8
	35			Moyennes.	61.1		0.10	5.95	74.6	80.5
			SÉRIE III.							
1	4	8. 0	Morue sèche.	Sons et farine de maïs p. égales.	51.1	84.6	0.37	5.26	79.1	81.1
2	4			Farine de maïs.	60.1	87.3	0.05	6.12	73.6	79.7
	8			Moyennes.	55.7	86.0	0.21	5.69	76.3	81.8
			SÉRIE IV.							
1	3		Farine de lentilles et fèves	Sucre.	86.4	83 1	0.18	7.53	64.1	72.1
2	3			Fécule.	87.0	80.1	0.18	7.58	63.9	72.0
3	3	10. 0		Sucre et fécule.	96.8	81.7	0.58	7.98	62.0	70.6
4	3		Lentilles, sons, sucre, fécule, de chacun *ad libitum*		105.8	80.8	0.70	8.17	59.9	68.8
	12			Moyennes.	91.3	81.4	0.56	7.81	62.5	70.9
				Moyennes générales.			0.06	6.44	71.5	78.0

de plus de graisse et de matière sèche totale dans le porc engraissé comparé au porc maigre. Cela tient à ce que dans le nombre des porcs, il y en avait de plus avancés que le porc maigre type, dès le début de l'engraissement, ce qui élève également le taux p. 100 de quartiers rapportés au poids vif.

Le taux moyen de matière minérale est, dans *tous les cas,* très faible dans l'accroissement.

Dans plusieurs cas, il y a perte apparente de matières minérales durant l'engraissement.

La tendance connue du porc à s'engraisser plutôt qu'à former de la chair, quand il est bien nourri, permettait d'attendre ce résultat, montrant que la trame osseuse, véritable réceptacle des substances minérales, s'accroît moins chez le porc que chez le bœuf et le mouton. Mais il n'est pas possible d'affirmer sur *deux analyses* qu'il y ait diminution réelle de substances minérales dans l'engraissement.

Tableau XVI. — Récapitulation de l'accroissement en poids vif par bœuf, mouton et porc.

Ce tableau résume les résultats moyens de la composition de l'accroissement chez ces trois espèces.

TABLEAU XVI

Moyenne de l'accroissement en poids vif des bœufs, moutons et porcs à l'engrais.

ESPÈCES.	COMPOSITION ÉVALUÉE en centièmes du poids d'accroissement pendant l'engraissement.			
	Matières minérales. Cendres.	Substance azotée sèche.	Graisse.	Substance sèche totale.
Moyenne de 98 bœufs	1.47	7.69	66.2	75.4
— de 348 moutons	2.34	7.13	70.4	79.9
— de 80 porcs.	0.06	6.44	71.5	78.0
Porc gras analysé	0.53	7.76	63.1	71.4
MOYENNE	1.10	7.26	67.8	76.2

On peut conclure, avec très grande probabilité d'être dans le vrai, que le bœuf, durant 6 mois ou plus de période finale d'engraisse-

ment, présente avec une alimentation large et convenable un accroissement de 70 à 75 p. 100 en substance sèche totale consistant en :

Graisse	60 à 65 p. 100.
Chair, substance azotée	7 à 8 —
Matières minérales	1 1/2 —

Le mouton, dans l'espace de plusieurs mois, s'accroît de 75 p. 100 de substance sèche totale consistant en :

Graisse	60 à 70 p. 100.
Chair	7 à 8 —
Matières minérales	1.75 —

Le porc (destiné à être consommé comme porc frais) durant 2 à 3 mois s'accroît, finalement, de 67,5 à 72,5 en substance sèche totale consistant en :

Graisse	60 à 65 p. 100.
Chair	6.5 à 8 —
Matières minérales	1 au plus —

L'accroissement, dans les quelques mois de la fabrication du porc très gras (destiné à la salaison), consiste plus en graisse et moins en chair et en matières minérales que l'accroissement du porc frais.

Le tableau XXII, page 358, fait connaître en détail la formation de la graisse et sa répartition dans les diverses parties des porcs soumis à des alimentations différentes ; nous l'examinerons plus loin.

L'accroissement moyen durant la vie totale de l'animal doit être très sensiblement celui de la période nécessitée pour l'abatage dans de bonnes conditions. A cet état de l'animal, il y a probablement plus de substances protéiques et moins de graisse que dans la moyenne de la vie. Dans l'enfance, le rapport entre la matière protéique et la matière grasse est sans doute plus élevé que dans toute autre période de l'existence.

En résumé 100 kilogr. d'accroissement en poids vif des animaux de la ferme durant l'engraissement consistent, en moyenne générale, en :

Substances sèches : 76.2 p. 100	Graisse	67.8
	Chair	7.26
	Cendres	1.10

Nous avons maintenant à étudier les rapports qui existent entre les principes nutritifs du fourrage et ceux de l'accroissement en poids vif.

Section VIII.

Rapports entre les principes constituant l'accroissement en poids vif et ceux que renferme le fourrage pendant l'engraissement.

Nous avons établi *approximativement* la composition de l'accroissement (poids vif) dans l'engraissement du bœuf, du mouton et du porc.

Il est intéressant de chercher à fixer maintenant la relation approximative existant entre les principes assimilés par l'animal et ceux des fourrages consommés.

Les tableaux XI et XII indiquent, pour le cas du mouton et du porc, les quantités des principaux constituants des fourrages consommés pour produire 100 kilogr. d'accroissement en poids vif ou par 100 kilogr. de poids vif d'animal, par semaine.

A l'aide de ces données nous allons déterminer :

1° La quantité probable de chacun des principes fixés durant l'accroissement, pour 100 de chacun d'eux consommés ;

2° La quantité probable de chacun de ces principes assimilés pour une consommation de 100 parties de substances sèches totales du fourrage ;

3° Le rapport entre la quantité de graisse formée et celle existant déjà dans les fourrages.

Examinons successivement ces trois questions.

I. — Quantités de *matière minérale, composés azotés, substance non azotée* et *substance totale sèche,* assimilées dans l'accroissement pour 100 de chacun de ces principes consommés. Les tableaux XVII et XVIII contiennent les données relatives à différents lots de moutons et de porcs soumis à des alimentations diverses.

Observations générales. — Toutes choses égales d'ailleurs, une alimentation riche en azote tend à produire proportionnellement un accroissement plus fort en charpente osseuse et en chair.

TABLEAU XVII

Quantités de matière minérale, de substance azotée, non azotée, et de substance sèche fixées dans l'engraissement du mouton, pour 100 de chacune d'elles dans le fourrage consommé.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.					QUANTITÉ de chacun des principes assimilés dans l'accroissement, rapportée à 100 de ces mêmes principes consommés dans les fourrages.			
RACES.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Nature des fourrages. En quantité limitée.	Nature des fourrages. *ad libitum.*	Matières minérales.	Substance azotée sèche.	Substance non azotée.	Substance sèche totale.
CLASSE I.								
		s. j.						
Cotswold.	46	19.5	Tourteaux et trèfle. . .	Turneps de Suède.	3.[illegible]8	4.43	11.6	9.60
Leicester	40	20.0			3.[illegible]5	3.[illegible]9	12.0	9.48
Cros-bred Wether.	40	20.0			3.21	3.60	11.6	9.31
Cros-bred Ewes .	40	20.0			3.25	3.60	11.8	9.40
Haut down. . . .	40	26.0			3.40	4.28	10.3	8.49
Sussex down. . .	40	26.0			3.30	4.16	10.3	8.44
Moyennes.					3.39	3.91	11.3	9.12
CLASSE III. (Série I.)								
Haut down. . . .	5	13.6	Tourteaux.	Trèfle de Suède.	4.16	4.01	11.1	9.33
	5	13.6	Avoine.		5.73	7.07	10.0	9.[illegible]5
	5	13.6	Trèfle.		3.98	7.44	9.0	8.49
Moyennes.					4.62	6.17	10.0	9.09
CLASSE IV. (Série II.)								
Haut down. . . .	5	19.1	Tourteaux.	Trèfle.	1.69	2.20	6.3	5.07
	5	19.1	Lin.		1.8[illegible]	2.32	6.2	5.19
	5	19.1	Orge.		1.75	2.82	5.7	5.00
	5	19.1	Malt.		1.46	2.17	5.3	4.61
Moyennes.					1.68	2.38	5.9	4.97
CLASSE V. (Série IV.)								
Haut down. . . .	4	10.0	Orge concassée.	Betteraves.	3.80	5.65	9.8	8.91
	5	10.0	Malt concassé et déchet.		4.04	6.18	10.4	9.49
	4	10.0	Orge concassée et tremp.		3.72	6.35	8.9	8.28
	4	10.0	Malt concassé et trempé.		2.95	4.34	9.3	8.23
	5	10.0	Malt concassé et déchet.		3.46	5.46	9.1	8.25
Moyennes.					3.59	5.60	9.5	8.63
Moyennes générales.					3.2[illegible]	1.41	9.4	8.06

TABLEAU XVIII

Quantités de matière minérale, de substance azotée, non azotée et de substance sèche fixées dans l'engraissement du porc, p. 100 de chacune d'elles dans le fourrage consommé.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.					QUANTITÉ DE CHACUN des principes assimilés dans l'accroissement, rapportée à 100 de ces mêmes principes consommés dans les fourrages.				
Parcs.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Nature des fourrages. En quantité limitée.	Nature des fourrages. *ad libitum.*	Matières minérales.	Substance azotée sèche.	Substance non azotée.	Substance sèche totale.	Graisse.
			Porc gras analysé.						
»	1	s. j. 10.0	Mélange de 1 de sons, 2 de farine de lentilles et fèves, et 3 de farine d'orge, *ad libitum*	»	2.66	7.76	17.6	14.9	405
			Série I.						
1	3	8.0	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	8.68	4.88	25.3	17.5	621
2	3	8.0	Farine de maïs	Farine de fèves et de lentilles.	1.86	6.39	25.7	17.9	477
4	3	8.0	Farine de maïs et sons	Farine de fèves et de lentilles.	0.33	5.02	21.1	16.1	362
5	3	8.0	Rien	Farine de maïs.	2.09	9.28	20.9	18.6	300
6	3	8.0	Farine de fèves et de lentilles	Farine de maïs.	0.99	9.18	20.9	18.4	324
7	3	8.0	Sons	Farine de maïs.	2.35	12.10	20.3	18.7	300
8	3	8.0	Farine de fèves, lentilles et sons	»	2.71	10.03	21.3	18.5	307
12	3	8.0	Farine de fèves, lentilles, maïs et sons, de chacun *ad libitum*	»	0.22	5.65	21.1	16.8	362
				MOYENNES	0.74	7.82	21.8	17.8	382
			Série II.						
1	3	8.	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	3.20	3.12	26.5	18.2	801
2	3	8.	Farine d'orge	Farine de fèves et de lentilles.	0.16	4.65	19.2	14.7	575
3	3	8.	Sons	Farine de fèves et de lentilles.	0.16	3.99	21.2	15.2	547
4	3	8.	Farine d'orge et sons	Farine de fèves et de lentilles.	0.75	4.57	20.1	15.6	514
5	3	8.	Rien	Farine d'orge.	0.56	10.09	18.5	16.9	574
6	3	8.	Farine de fèves et de lentilles	Farine d'orge.	0.53	6.57	21.1	17.5	620
7	3	8.	Sons	Farine d'orge.	0.49	9.79	18.9	16.9	506
8	3	8.	Farine de fèves, de lentilles et sons	Farine d'orge.	4.33	4.49	22.7	18.0	578
9 et 10	6	8.	Mélange de 1 de sons, 2 de farine d'orge, et 3 de farine de fèves, lentilles et maïs, *ad libitum*	»	0.27	5.65	20.4	16.1	495
11 et 12	6	8.	Mélange de 1 de sons, 2 de farine de lentilles et fèves, 2 de farine d'orge, *ad libitum*	»	1.58	8.10	21.1	17.6	515
				MOYENNES	0.59	6.10	21.0	16.7	572
			Série III.						
1	4	8.0	Morue sèche	Sons et farine de maïs, part. égales	1.06	5.06	21.3	18.1	315
2	4	8.0	Morue sèche	Farine de maïs	0.26	8.16	25.6	20.9	352
				MOYENNES	0.66	6.61	21.9	19.5	333
			Série IV.						
1	3	10.0	Farine de lentilles et sons	Sucre	3.07	9.30	19.4	16.9	»
2	3	10.0	Farine de lentilles et sons	Fécule	3.18	9.36	19.4	16.9	»
3	3	10.0	Farine de lentilles et sons	Sucre et fécule	4.06	10.78	17.7	16.1	»
4	3	10.0	Lentilles, sons, sucre, fécule, de chacun *ad libitum*	»	4.80	9.96	18.7	16.5	»
				MOYENNES	3.78	9.85	18.8	16.6	»
				MOYENNES GÉNÉRALES	0.58	7.34	21.2	17.5	472

En même temps, l'observation prouve que chez les animaux engraissés dans les conditions ordinaires, cette tendance ne croît pas proportionnellement (numériquement parlant) avec les quantités de substances azotées, en supposant un excès de celles-ci dans la consommation de l'animal. Le taux de principes azotés dans l'accroissement semble dépendre davantage de l'âge et du tempérament de l'animal que de la proportion même de ces principes dans le fourrage.

Il résulte de là qu'eu égard aux faibles proportions des principes constituants des fourrages fixés définitivement dans l'accroissement, les erreurs qu'on peut commettre, en admettant pour les divers animaux engraissés avec différents fourrages la *même composition* finale, sont inappréciables et n'altèrent en rien les moyennes que nous avons adoptées.

Moutons. — Tableau XVII.

a) *Matière minérale.* — Rarement plus de 3 p. 100 de la matière minérale du fourrage consommé sont fixés dans les tissus durant l'accroissement. En déduisant la matière minérale accidentelle de la laine, etc., la moyenne de la matière minérale tombe au-dessous de 3 p. 100.

Dans la classe IV, les moutons n'ont consommé que des fourrages secs : la proportion de matière minérale du fourrage à la substance organique digestible était très forte, la proportion de matière minérale fixée dans l'accroissement est remarquablement faible, 1,68 p. 100 seulement.

De l'ensemble des chiffres de ce tableau on peut conclure que le taux pour 100 moyen de matière minérale du fourrage consommé, fixé dans les tissus des moutons engraissés convenablement, avec divers fourrages succulents ou autres, est rarement plus élevé que 3 p. 100 : il est souvent moindre.

Comme les moutons soumis à l'engraissement sont généralement jeunes et à l'époque de la croissance, la proportion de substance minérale fixée, dans l'*engraissement* proprement dit, doit être très minime, l'ossature devant en retenir une plus grande partie.

En moyenne, pour la période de *la vie entière,* le taux pour 100 de matière minérale fixée par l'organisme peut être plus élevé que la moyenne donnée pour la période d'engraissement.

La proportion de la quantité consommée qui est fixée par les tissus dépend plus du rapport de la matière minérale avec la matière organique digestible du fourrage que de toute autre cause.

Les quantités de matière minérale, consommées par le mouton maigre et par le mouton gras, fournies par l'exploitation qui les nourrit, est relativement minime.

Les tableaux relatifs à la composition du corps entier des animaux à divers états rendent l'évaluation des poids de substances minérales exportées par le bétail très facile à faire, comme nous le verrons plus loin. (V. Tableaux XXV et XXVI.)

b) *Composés azotés.* — En moyenne, 5 p. 100 des substances azotées du fourrage (*au plus*) sont fixées dans les tissus.

Dans le cas d'une alimentation large de fourrage sec et de racines succulentes, le fourrage sec consistant principalement en légumineuses et tourteaux ou autres aliments *riches en azote,* la proportion de principes azotés fixés est moindre que 5 p. 100, souvent même que 4 p. 100 des principes qu'elles renferment.

Quand l'alimentation consiste principalement en graines de céréales et autres matières *moins riches* que les précédentes en principes azotés, le taux de ces principes fixés dans l'accroissement s'élève au contraire au-dessus de 5 p. 100.

Autrement dit, la quantité de l'azote total consommée par le mouton à l'engrais et rejetée du corps par diverses voies d'élimination est toujours bien plus considérable que 90 p. 100 et souvent s'élève au-dessus de 95 p. 100 de l'azote consommé. (V. Tableau XIX.)

c) *Substances non azotées.* — Sur 100 parties de substances non azotées (non compris la classe IV) 10 parties environ sont fixées dans l'accroissement, *sous forme de graisse.*

d) *Substance sèche totale.* — 8 à 9 p. 100 de la matière sèche totale du fourrage sont fixés dans l'accroissement. La substance sèche du fourrage du mouton contient infiniment plus de fibre ligneuse peu digestible, que celle de l'alimentation du porc. Par conséquent, il faut une proportion bien plus forte de substances sèches pour produire le même effet, c'est-à-dire pour obtenir le même accroissement chez le mouton que chez le porc.

PORC. — TABLEAU XVIII.

Substance sèche. — Il y a sensiblement deux fois plus de substance sèche fixée dans l'accroissement du porc que dans celui du mouton, pour 100 de substance sèche existant dans le fourrage consommé. La moyenne générale montre qu'il y a un accroissement de substance sèche de 17,3 p. 100 : le seul porc gras analysé indiquant un accroissement de 15. (V. Tableau X, p. 318. 54.7 — 39.17, = 15.)

Pour 100 de principes non azotés du fourrage, le porc a formé 20 ou plus de graisse, le mouton 10 seulement.

Pour 100 de composés azotés consommés par le porc, le taux de composés azotés fixé est sensiblement 1 fois et demie plus élevé que pour le mouton. Non que l'accroissement du porc soit plus riche en azote que celui du mouton, c'est plutôt le contraire, mais parce qu'une plus forte proportion de la substance sèche du fourrage du porc est assimilée et produit de l'accroissement.

La moyenne de l'azote fixé est 7,34 p. 100 de l'azote consommé dans l'accroissement; elle est de 7,76 p. 100 dans le cas du porc gras analysé. (V. Tableau XV.)

Plus l'alimentation est *azotée,* plus est *faible* la proportion centésimale d'azote de l'aliment fixée par les tissus.

D'autre part, plus est grande la proportion de graines de céréales (relativement pauvres en azote) dans le fourrage, plus est considérable le taux p. 100 d'azote fixé par rapport au taux de l'azote consommé, comme nous l'avons vu déjà pour le mouton.

En somme, généralement moins de 10 p. 100 et souvent moins de 6 p. 100 de l'azote du fourrage est fixé dans l'accroissement du porc.

Matière minérale. — Fixation presque insignifiante dans l'engraissement du porc.

Le calcul de la quantité totale de matière minérale exportée de la ferme par le porc gras, facile à établir d'après le tableau XXVI.

Graisse. — Pour 100 p. de graisse toute formée dans le fourrage, on en trouve en moyenne, d'après les expériences sur les porcs, 400 à 500 parties après l'engraissement. Il y a par conséquent *formation* de graisse dans le corps; nous allons y insister tout à l'heure.

II. Quantités de matière minérale, composés azotés, graisse et substance sèche totale fixées dans l'accroissement et expirées, perspirées ou éliminées par 100 parties de substance sèche totale du fourrage (tableaux XIX et XX).

Quelques explications sur la teneur de ces tableaux vont en montrer l'intérêt.

Tableau XIX (moutons). Tableau XX (porcs).

Moutons.

Nous venons de voir que, dans le cas du mouton, 9 p. 100 environ de la substance sèche du fourrage est fixée durant l'engraissement. Le tableau XIX, indiquant l'alimentation la plus usuelle, montre que sur 9 parties d'accroissement sec, 8 sont formées des substances non azotées, c'est-à-dire de graisse.

Il en résulte que sur 100 parties de substance sèche du fourrage consommée il n'y en a qu'une partie environ consistant en matières azotées et minérales, qui est fixée dans le croît. Déduction faite des impuretés, la matière minérale fixée correspond à 0.2 p. 100 seulement du poids de la substance sèche consommée.

En admettant que 9 p. 100 du fourrage sont fixés dans le croît, 91 p. 100 sont expirés, perspirés, en un mot, éliminés.

Porcs. — Tableau XX.

Dans le cas du porc analysé, 100 parties de substance sèche du fourrage donnent 14,94 parties d'accroissement sec, se décomposant en :

Graisse	13.20	
Substances azotées	1.62	= 14.93
Matières minérales	0.11	

Les moyennes de 80 animaux donnent : accroissement sec (eau déduite) 17.27 parties, consistant en :

Graisse	15.81
Substances azotées	1.44

et quantité insignifiante matières minérales.

TABLEAU XIX

Quantités de principes assimilés, expirés, perspirés ou éliminés dans l'engraissement du mouton, p. 100 de substance sèche du fourrage consommé.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.					100 DE MATIÈRE SÈCHE du fourrage donnent :				
			Nature du fourrage.		Assimilés dans l'accroissement.				
Races.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	En quantité limitée.	*ad libitum.*	Matières minérales.	Substance azotée.	Substance non azotée.	Substance sèche totale.	Expiré, perspiré, éliminé.
Classe I.									
		s. j.							
Costwold	46	19.5	Tourteaux et trèfle.	Turneps de Suède.	0.26	0.92	8.41	9.60	90.40
Leicester	40	20.0			0.23	0.73	8.53	9.48	90.52
Cros-bred Wether	40	20.0			0.24	0.77	8.29	9.31	90.69
Cros-bred Ewes	40	20.0			0.24	0.78	8.39	9.41	90.59
Haut down	40	26.0			0.26	0.93	7.30	8.49	91.51
Sussex down	40	26.0			0.25	0.90	7.29	8.44	91.56
MOYENNES					0.25	0.84	8.03	9.12	90.88
Classe III (série I).									
Haut down	5	13.6	Tourteaux	Turneps de Suède.	0.23	0.77	8.32	9.31	90.69
	5	13.6	Avoine		0.25	0.88	8.32	9.45	90.55
	5	13.6	Trèfle		0.24	0.85	7.40	8.49	91.51
MOYENNES					0.24	0.83	8.01	9.08	90.92
Classe IV (série II).									
Haut down	5	19.1	Tourteaux	Trèfle.	0.13	0.46	4.48	5.07	94.93
	5	19.1	Lin		0.14	0.43	4.62	5.19	94.81
	5	19.1	Orge		0.12	0.41	4.47	5.00	95.00
	5	19.1	Malt		0.10	0.31	4.20	4.61	95.39
MOYENNES					0.12	0.40	4.44	4.97	95.03
Classe V (série IV).									
Haut down	4	10.0	Orge concassée	Betteraves.	0.24	0.74	7.93	8.91	91.09
	5	10.0	Malt concassé et déchets		0.25	0.82	8.42	9.49	90.51
	4	10.0	Orge concassée et trempée		0.24	0.84	7.20	8.28	91.72
	4	10.0	Malt concassé et trempé et déch.		0.19	0.58	7.45	8.23	91.77
	5	10.0	Malt concassé et déchets de malt.		0.21	0.72	7.33	8.25	91.75
MOYENNES					0.23	0.74	7.66	8.63	91.37
MOYENNES GÉNÉRALES					0.21	0.72	7.13	8.06	91.91

TABLEAU XX

Quantités de principes assimilés, expirés, perspirés ou éliminés dans l'engraissement du porc, p. 100 de substance sèche de fourrage consommé.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.					100 DE MATIÈRE SÈCHE du fourrage donnent :				
			Nature du fourrage.		Assimilés dans l'accroissement.				
Parcs.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	En quantité limitée.	*ad libitum.*	Matières minérales.	Substance azotée.	Substance non azotée.	Substance sèche totale.	Expiré, perspiré, éliminé.
			Porc gras réellement analysé.						
»	1	s. j. 10.0	Mélange de 1 p. de sons, 2 p. de farine de lentilles, 3 p. de farine d'orge, *ad libitum*	»	0.11	1.62	13.20	11.91	85.06
			Série I.						
1	3	8.0	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	0.04	1.54	15.93	17.51	82.49
2	3		Farine de maïs		0.09	1.77	16.00	17.86	82.14
4	3		Farine de maïs et sons.		0.01	1.21	14.95	16.15	83.85
5	3		Rien	Farine de maïs.	0.08	1.17	17.48	18.58	81.42
6	3		Farine de fèves et lentilles . . .		0.02	1.57	16.76	18.35	81.65
7	3		Sons		0.07	1.75	16.83	18.68	81.32
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons.		0.09	1.85	16.59	18.53	81.47
12	3		Farine de fèves, lentilles, maïs et sons ; de chacun *ad libitum*. . .	»	0.01	1.27	15.59	16.84	83.16
			MOYENNES		0.03	1.51	16.27	17.81	82.19
			Série II.						
1	3	8.0	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	0.13	0.94	17.37	18.18	81.82
2	3		Farine d'orge.		0.01	1.19	13.49	14.69	85.31
3	3		Sons		0.01	1.15	14.06	15.20	84.80
4	3		Farine d'orge et sons	»	0.03	1.09	14.50	15.56	84.44
5	3		Rien	Farine d'orge.	0.02	1.40	15.45	16.87	83.13
6	3		Farine de fèves et de lentilles . .		0.02	1.30	16.21	17.49	82.51
7	3		Sons		0.01	1.40	15.50	16.91	83.09
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons.		0.13	0.91	17.18	17.96	82.04
9 et 10	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine d'orge et 3 de farine de fèves et lentilles, *ad libitum*.	»	0.01	1.31	14.77	16.11	83.89
11 et 12	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine de fèves et lentilles et 2 de farine d'orge, *ad libitum*. . . .	»	0.06	1.66	15.88	17.60	82.40
			MOYENNES		0.02	1.23	15.44	16.66	83.34
			Série III.						
1	4	8.0	Morue sèche	Sons et farine de maïs, part. égales.	0.08	1.13	17.05	18.12	81.88
2	4			Farine de maïs . .	0.01	1.60	19.27	20.86	79.14
			MOYENNES		0.04	1.36	18.16	19.49	80.51
			Série IV.						
1	3	10.0	»	Sucre.	0.11	1.76	15.01	16.88	83.12
2	3			Fécule	0.11	1.78	15.04	16.94	83.06
3	3			Sucre et fécule . .	0.13	1.82	14.13	16.08	83.92
4	3		Lentilles, sons, sucre, fécule, de chacun *ad libitum*.	»	0.19	1.96	14.36	16.50	83.50
			MOYENNES		0.13	1.83	14.63	16.60	85.40
			MOYENNES GÉNÉRALES.		0.02	1.44	15.81	17.27	82.73

Les porcs, bien que soumis jeunes à l'engraissement, s'accroissent peu en tissus osseux, on l'a vu ; c'est l'inverse de ce qui a lieu chez les moutons.

Le taux p. 100 de la matière minérale dans les quartiers du mouton gras (au même âge) est sensiblement plus élevé que chez le porc. Le système osseux du mouton s'accroît beaucoup plus que celui du porc.

On remarquera les rapports frappants entre les taux de matière minérale et de substances azotées fixées dans l'accroissement chez le mouton et chez le porc. Dans le porc, non seulement le taux réel de matière minérale est moindre, mais la proportion de principes azotés semble décroître à mesure qu'augmente l'engraissement de l'animal.

Pour 1 de matière azotée sèche, les différents animaux contiennent :

Bœuf maigre (quartiers)	0.31 matières minérales.
— gras.	0.30 —
Mouton maigre.	0.30 —
— très gras	0.30 —
Porc maigre	0.18 —
— gras.	0.133 —

Il semble qu'il faille conclure de là que le taux de matière minérale dans l'accroissement du porc à l'engrais est moindre que chez le mouton, différence en rapport, à la fois, avec la proportion de l'accroissement total et avec le taux de matière azotée fixée.

Si l'on se rappelle que l'alimentation du porc, consistant principalement en graines sèches, renferme moins de substances fibreuses indigestibles que celle du mouton, on ne s'étonnera pas que 100 parties de substance sèche du fourrage donnent un accroissement pour 100 en substance sèche plus considérable chez le porc que chez le mouton.

91 p. 100 sont rejetés chez le mouton ;

85 p. 100 d'après la composition du porc analysé ;

82,7 p. 100 d'après la moyenne des essais sur 80 porcs.

Remarquer que les produits expirés, perspirés et éliminés par le rein et les fèces sont donnés en bloc.

III. *Relation entre la graisse fixée durant l'accroissement, la graisse déjà formée, la graisse des aliments, la graisse consommée, etc.* (V. tableaux XXI, XXII et XXIII.)

Le taux de graisse existant dans le fourrage du mouton n'a pas été déterminé. Les faits suivants sont relatifs au porc seulement, dans l'alimentation duquel on a dosé la matière grasse.

Le résultat général est que l'animal engraissé contient 400 à 500 parties de graisse pour 100 de cette substance existant toute formée dans son fourrage.

Pour le porc analysé, on a trouvé 405 pour 100 parties de graisse consommées.

La moyenne de toutes les autres expériences a donné 472 parties pour 100 parties de graisse toute formée dans le fourrage ; il n'y a aucun lieu de douter de l'exactitude de ce dernier chiffre.

Il est évident, d'après cela, que la plus grande partie de la graisse des animaux provient de principes immédiats autres que la graisse des fourrages [1].

Nous avons déjà dit qu'en supposant la graisse formée à l'aide de la fécule, il faut 2 1/2 parties fécule pour produire 1 partie de graisse. Il est clair, dans cette hypothèse, que la quantité de principes non azotés du fourrage qui concourt directement à la production de substance non azotée (graisse) du croît, est bien supérieure à la quantité totale de la graisse formée.

Il n'est pas moins évident que la proportion de la substance sèche totale du fourrage consommé qui a (s'il est permis de faire cette distinction) servi directement à former les matières sèches du *croît*, y compris la graisse produite, doit être bien plus considérable que ne l'indique le chiffre de la quantité totale de la substance sèche du *croît*.

---

1. A l'époque où Lawes et Gilbert ont publié leurs recherches sur l'alimentation, la formation de la graisse chez les animaux, à l'aide de la fécule, du sucre, etc., contenus dans les aliments était encore contestée par beaucoup de physiologistes. On ne saurait plus avoir aucun doute aujourd'hui au sujet de la *fabrication* de la graisse, par les animaux, à l'aide des principes immédiats des fourrages. La théorie de la nutrition directe des animaux et l'idée de l'antagonisme existant entre eux et les végétaux, sous le rapport du mode de nutrition, ont été définitivement écartées par les résultats des travaux de Claude Bernard. L. G.

Moyenne générale des expériences sur le porc.

100 matière sèche du fourrage ont donné :

Accroissement total en substance sèche	17.40
Accroissement total en graisse	16.04
Graisse toute formée dans le fourrage	3.96
Graisse produite par la fécule	12.08
Fécule nécessaire pour produire la graisse formée	30.20
Graisse formée et fécule du fourrage contribuant à la formation de la graisse du croît	34.16
Substances azotées et matières minérales fixées	1.36

Résumé.

Matière sèche du fourrage fixée ou ayant contribué à l'accroissement	35.52
Matières expirées, perspirées, éliminées	64.48

Les faits pratiques et chimiques paraissent indiquer que la graisse peut aussi être produite dans le corps de l'animal à l'aide des principes azotés, mais il semble que la source la plus abondante de la graisse produite se trouve dans les principes *non azotés* du fourrage. Parmi ceux-ci, le plus important, dans les aliments du porc, est la fécule.

On peut donc prendre la *fécule* comme base des calculs sur le taux probable des principes qui se transforment pour produire la graisse dans les expériences en question.

Abordons cette question importante : combien de fécule est nécessaire pour produire un poids donné de graisse ?

On possédait peu de données chimiques en 1857 sur la composition des différentes graisses animales.

Lawes et Gilbert partent d'une moyenne arbitraire, dont les travaux de Reinecke, dix ans plus tard, ont confirmé l'exactitude, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

AMIDON.	GRAISSE. (Lawes et Gilbert)		GRAISSE. (Reinecke, 1867)
C = 44.4	Carbone	77	C = 76.6
H = 6	Hydrogène	12	H = 12.03
O = 49.6	Oxygène	11	O = 11.36

Supposant que l'oxygène éliminé de la fécule, dans sa transformation en graisse, se combine à une partie de son hydrogène pour

former de l'eau et que le reste s'en aille à l'état d'acide carbonique, il faudrait au moins 2.45 de fécule pour donner 1 de graisse, plus l'eau et l'acide carbonique correspondants. C'est un minimum. Lawes et Gilbert adoptent 2.5 comme chiffre moyen. C'est le coefficient par lequel il faut multiplier le chiffre de la graisse du *croît* du porc, déduction faite de la graisse toute formée du fourrage, pour avoir le poids de substance sèche non azotée (fécule) qui a concouru à produire la graisse de l'animal.

Tout en adoptant comme suffisante et juste cette interprétation (transformation de fécule en graisse), on doit remarquer que si la graisse provient aussi des composés azotés, il faut moins de substance sèche de fourrage que si l'on compte toute la graisse comme provenant de la fécule.

D'autre part, si le sucre est une source de graisse (ce qui n'est plus douteux aujourd'hui), il faut, au contraire, une plus forte proportion de substance sèche.

Quant aux composés protéiques, qui entrent pour une part notable dans les betteraves, turneps, etc., il en faudrait plus encore que de sucre.

Nous avons précédemment vu, qu'en admettant ces bases de calcul, les 15 parties d'accroissement solide sec fourni par 100 de substance sèche du fourrage, dans l'engraissement du porc analysé, ont exigé pour leur formation 30 parties environ de substance sèche du fourrage consommé.

Pour 100 de matières sèches du fourrage, l'accroissement en matières sèches du porc analysé a été de 14.94; pour l'ensemble de tous les autres porcs, 17.40. Sur ce poids, 13.2, sont de la graisse dans le porc analysé; 16.04 dans tous les autres. Sur les 13.2 de graisse, 3.26 seulement viennent directement du fourrage; 9.94 *au moins* ont une autre origine.

D'après notre hypothèse, 9.94 graisse correspondraient à fécule sèche, sur 100 de matière sèche du fourrage 24.86

Ajoutant la graisse formée du fourrage. 3.26

On arrive à 28.10

sur 100 matière sèche consommée, pour représenter les 13.2 parties d'accroissement.

Si l'on ajoute à ces	28.10
les matières azotées et minérales	1.73
on a une quantité de matière sèche totale.	29.83

sur 100 qui a contribué directement, dans notre hypothèse, à la production de 14.94 seulement d'accroissement en matière sèche.

Il y a donc, dans cette manière de voir, 70.17 p. 100 seulement, au lieu de 85.06 de substance sèche éliminée, perspirée et rejetée ; différence entre 14.94 de substance sèche formée et 100.

Même réflexion pour la moyenne des autres expériences :

Sur 16.04 d'accroissement en graisse p. 100 de substance sèche de fourrage consommé, il y a 3.96 de graisse toute formée ; 12.08 au moins viennent d'autres substances. Or, 12.08 de graisse = 30.2 fécule.

La graisse toute formée, plus la fécule transformée en graisse, égalent 34.16 p. 100 de substance sèche du fourrage, plus 1.36 de substance azotée et matière minérale, soit en tout 35.52 p. 100 de matière sèche de fourrage correspondant à un accroissement réel de 17.4 de substance sèche seulement.

Il est à remarquer qu'en admettant l'hypothèse (2.5 fécule = 1 graisse), 2 de substance sèche dans le fourrage = 1 de substance sèche dans le croît : 1/3 seulement de la matière sèche totale est donc éliminé et les 2/3 restants contribuent à la formation du *croît*.

Il y a tout lieu de penser que les choses se passent sensiblement de la même manière chez les moutons et les bœufs. Lawes et Gilbert ont constaté que la plus grande partie de l'azote assimilé du fourrage se retrouve dans l'urine à l'état d'urée, quelle que soit la richesse en azote de l'aliment (graines de céréales ou légumineuses).

Conclusion (*déduction*) *importante :* La teneur en *azote* des aliments ne peut pas servir seule à déterminer leur valeur nutritive relative ; de plus, l'idée généralement reçue que les aliments ne sont pas assez riches en azote ne semble pas juste à Lawes et Gilbert. C'est bien plutôt la substance *non azotée* assimilable qui leur ferait défaut. Ces remarques, tout à fait neuves en 1860, ont reçu une consécration complète des expériences ultérieures.

Les tableaux XXI, XXII et XXIII mettront sous les yeux du lecteur tous les éléments essentiels de cette intéressante étude sur la formation de la graisse à l'aide des principes non azotés des fourrages.

TABLEAU XXI.

Tableau indiquant : 1° La quantité de graisse formée par le porc à l'engrais, p. 100 de substance sèche du fourrage consommé ; 2° la proportion de graisse toute formée dans le fourrage ; 3° la quantité de graisse qui a dû être formée par les principes autres que les matières grasses des fourrages ; 4° la quantité de fécule qui aurait été nécessaire pour former la graisse si cette dernière s'est constituée aux dépens de la fécule.

CONDITIONS GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.					P. 100 DE SUBSTANCE sèche de fourrage.			
Parcs.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	Nature des fourrages. En quantité limitée.	Nature des fourrages. *Ad libitum.*	Accroissement total en graisse.	Graisse toute formée dans le fourrage.	Graisse produite par la fécule.	Fécule nécessaire pour produire la graisse obtenue.
			Porc gras réellement analysé.					
»	1	s. j. 10.0	Mélange de 1 p. de sons, 2 p. farine de lentilles, 3 p. farine d'orge, *ad libitum*	»	13.20	3.26	9.91	21.85
			Série I.					
1	3	8.0	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	15.93	2.89	13.01	32.60
2	3		Farine de maïs		16.00	3.66	12.31	30.85
4	3		Farine de maïs et sons		14.95	4.59	10.36	25.90
5	3		Rien	Farine de maïs.	17.48	6.15	11.33	28.32
6	3		Farine de fèves et de lentilles		16.76	5.43	11.33	28.32
7	3		Sons		16.83	6.31	10.52	26.30
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons. . .		16.59	5.64	10.95	27.37
12	3		Farine de fèves, lentilles, maïs et sons ; de chacun *ad libitum*	»	15.59	4.65	10.94	27.35
				MOYENNES	16.27	4.92	11.35	28.38
			Série II.					
1	3	8.0	Rien	Farine de fèves et de lentilles.	17.37	2.40	14.97	37.42
2	3		Farine d'orge.		13.49	2.55	10.94	27.35
3	3		Sons		14.06	2.85	11.21	28.02
4	3		Farine d'orge et sons		14.50	3.08	11.42	28.55
5	3		Rien	Farine d'orge.	15.45	2.83	12.62	31.55
6	3		Farine de fèves et de lentilles		16.21	2.81	13.40	33.50
7	3		Sons		15.50	3.27	12.23	30.57
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons. . .		17.18	3.16	14.02	35 05
9 et 10	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine d'orge et 3 de farine de fèves et lentilles, *ad libitum*.	»	14.77	2 99	11.78	29.45
11et12	6		Mélange de 1 de sons, 2 de farine de fèves et lentilles et 2 de farine d'orge, *ad libitum*.	»	15.88	3.08	12.80	32.00
				MOYENNES	15.44	2.90	12.51	31.35
			Série III.					
1	4	8.0	Morue sèche	Sons et farine de maïs, part. égales.	17.05	5.40	11.65	29.12
2	4			Farine de maïs . .	19.27	5 48	13.79	34.47
				MOYENNES	18.16	5.44	12.72	31.79
				MOYENNES GÉNÉRALES.	16.04	3.96	12.08	30.20

TABLEA

Quantités et taux de graisse et de parties maigres dans les is

(Moyenne de 3 porcs

Nos des parcs.	Nombre des porcs.	Conditions générales des expériences. Nature des fourrages. En quantité limitée.	Ad libitum.	Rapport des mat. azotées aux mat. non azotées des fourrages :: 1 :	Accroissement p. 100 de substance sèche du fourrage.	Accroissement p. 100 de poids vif à l'origine.	Quartiers.
9	3	906 gr. farine de lentilles et de fèves.	Sons.	2.64	13.0	23.3	
10	3	906 gr. farine de maïs.	Sons.	4.77	12.7	27.4	
11	3	906 gr. farine de lentilles et de fèves. 906 gr. farine de maïs.	Sons.	3.43	18.5	42.1	
1	3	Rien.	Farine de fèves et de lentilles.	1.99	22.9	68.9	
2	3	906 gr. farine de maïs.	Farine de fèves et de lentilles.	2.43	24.3	79.6	
3	3	906 gr. sons.	Farine de fèves et de lentilles.	2.31	17.7	47.4	
4	3	906 gr. sons, autant de farine de maïs.	Farine de fèves et de lentilles.	2.91	20.2	59.0	
5	3	Rien.	Farine de maïs.	6.61	22.1	51.3	
6	3	906 gr. farine de fèves et lentilles . .	Farine de maïs.	4.65	23.8	67.0	
7	3	906 gr. sons.	Farine de maïs.	5.69	24.9	74.5	
8	3	906 gr. sons, autant farine de fèves et lentilles	Farine de maïs.	4.26	25.3	80.3	
12	3	Rien.	Farine de lentilles et de fèves de maïs et sons.	3.28	21.1	59.7	
13	3	906 gr. morue sèche.	Sons et farine de maïs, parties égales. . . .	3.13	21.6	51.1	
14	3	906 gr. morue sèche.	Farine de maïs	3.80	26.2	60.1	
MOYENNES.							
Parcs 9, 10, 11. .		Sons avec quantités limitées de farine de fèves et de lentilles ou de maïs, ou de tous deux		3.61	14.7	30.9	
Parcs 1, 2, 3, 4. .		Farine de fèves et de lentilles, avec quantités limitées de farine de maïs ou de sons, ou des deux		2.41	21.3	63.7	
Parcs 5, 6, 7, 8, 12.		Farine de maïs, avec quantités limitées de farine de fèves et de lentilles ou de sons, ou le tout à la fois.		4.90	23.4	66.6	
Parcs 13, 14. . .		Morue sèche avec farine de maïs et sons.		3.46	23.9	55.6	
		Moyennes générales.		3.71	21.0	56.5	

XII.

dans les quartiers des porcs soumis à des alimentations différentes.

que cas particulier.)

POIDS ABSOLU DES DIFFÉRENTES PARTIES séparées des quartiers.						P. 100 DE TOUS LES QUARTIERS.				
Parties grasses.			Total des parties maigres, jambons, côtes, épaules, poitrine, tête et pieds.	Perte par évaporation.	Quartiers. Total.	Parties grasses.			Total des parties maigres, jambons, côtes, épaules, poitrine, tête et pieds.	Perte par évaporation.
Graisse interne, rein compris.	Graisse externe, flèche de lard.	Total des parties grasses.				Graisse interne, rein compris.	Flèche de lard.	Total.		
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.					
3.341	18.421	21.508	37.774	1.927	59.681	5.46	29.7	35.2	61.7	3.15
4.191	21.737	25.929	36.860	2.040	62.611	6.45	33.4	39.9	57.0	3.15
4.704	25.081	29.788	39.821	2.010	58.309	6.45	34.4	40.8	56.4	2.80
5.639	31.344	36.981	45.596	4.363	87.988	6.32	35.1	41.4	53.7	4.90
5.891	37.210	43.102	45.599	3.400	94.423	6.24	39.1	45.6	50.8	3.60
4.846	25.109	29.953	39.875	2.578	74.218	6.53	33.8	40.3	56.2	3.46
4.676	29.048	33.722	31.331	2.550	79.523	5.76	35.8	41.6	55.3	3.14
5.583	31.854	37.434	43.244	2.323	83.003	6.73	38.4	45.1	52.1	2.80
5.551	36.729	42.309	48.629	2.550	90.963	5.94	39.3	45.2	52.0	2.72
5.979	34.147	40.127	45.571	2.522	88.092	6.62	37.8	44.4	52.8	2.78
6.688	37.261	43.952	48.362	2.550	96.373	6.92	38.6	45.5	51.8	2.63
5.355	34.176	39.531	42.675	1.332	85.015	6.30	40.2	46.5	51.9	1.57
5.721	40.127	45.794	51.032	2.295	99.198	5.76	40.3	46.1	51.6	2.30
6.603	51.915	58.517	56.688	2.465	117.774	5.60	44.1	49.7	48.2	2.08
MOYENNES.										
4.031	21.650	25.730	37.024	2.012	65.303	6.12	32.5	38.6	58.4	3.03
5.271	30.662	35.932	45.367	3.201	82.436	6.21	36.0	42.2	54.0	3.77
5.838	34.827	40.665	39.798	2.267	88.033	6.50	38.9	45.4	52.1	2.50
6.178	45.992	52.170	53.860	2.352	116.287	5.68	42.2	47.9	49.9	2.19
5.311	32.419	37.746	49.055	2.494	85.979	6.22	37.2	43.4	53.7	2.93

TABLEAU XXIII.

1° Quantité de graisse produite chez le porc pour 100 kilogr. de matière sèche du fourrage consommé;
2° Quantité de graisse préexistant dans le fourrage;
3° Quantité de graisse qui a dû être formée à l'aide d'autres principes;
4° Quantité de fécule qu'exigerait la graisse si elle était formée aux dépens de la fécule;
5° Quantité de substance sèche totale qui contribue à l'accroissement, etc.

CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'EXPÉRIENCE.					100 KILOGR. DE SUBSTANCE SÈCHE DU FOURRAGE DONNENT :								
Parcs.	Nombre des animaux.	Durée de l'expérience.	NATURE DU FOURRAGE — En quantité limitée.	NATURE DU FOURRAGE — Ad libitum.	Accroissement total en substance sèche.	Accroissement total en graisse.	Graisse toute formée dans le fourrage.	Graisse produite par la fécule.	Fécule correspondant à la graisse formée.	Graisse toute formée et fécule du fourrage contribuant à l'accroisst total en graisse.	Composés azotés et matières minérales fixées dans l'accroissement.	RÉSUMÉ. Substance sèche totale du fourrage fixée ou contribuant à l'accroisst.	RÉSUMÉ. Substance sèche éliminée sans avoir servi à l'accroissement.
			Porc gras analysé.										
»	1	s. j. 10.0	Rien.	1 partie de sons, 2 de farine de fèves et lentilles, 3 de farine d'orge.	14.91	13.20	3.26	9.94	24.85	28.11	1.73	29.81	70.16
			SÉRIE I.										
1	3		Rien.	Farine de fèves et de lentilles.	17.51	15.93	2.89	13.04	32.60	35.49	1.58	37.07	62.93
2	3		Farine de maïs.		17.86	16.00	3.66	12.31	30.85	34.51	1.86	36.37	63.63
4	3		Farine de sons.		16.15	14.95	4.59	10.36	25.90	30.49	1.20	31.69	68.31
5	3		Rien.	Farine de maïs.	18.58	17.48	6.15	11.33	28.32	34.47	1.09	35.56	64.44
6	3	8. 0	Farine de fèves et de lentilles		18.35	16.76	5.43	11.33	28 32	33.75	1.59	35.31	64.66
7	3		Sons.		18.68	16.83	6.31	10.52	26.30	32.61	1.82	34.43	65.57
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons		18.53	16.59	5.64	10.95	27.37	33.01	1.91	34.95	65.05
12	1		Rien.	Farine de fèves, lentilles, maïs et sons, de chacun *ad libitum*.	16.81	15.59	1.65	10.91	27.35	32.00	1.26	33.26	66.71

SÉRIE II.

1	3	8. 0	Rien.	Farine de fèves et de lentilles.	18.18	17.37	2.40	14.97	37.42	39.82	0.81	40.63	59.37
2	3		Farine d'orge		14.69	13.49	2.55	10.94	27.35	29.90	1.20	31.10	68.90
3	3		Sons.		15.20	14.06	2.85	11.21	28.02	30.87	1.14	32.01	67.99
4	3		Farine d'orge et sons.		15.56	14.50	3.08	11.42	28.55	31.63	1.06	32.69	67.31
5	3		Rien.	Farine d'orge.	16.87	15.45	2.83	12.62	31.55	34.38	1.42	35.80	64.20
6	3		Farine de fèves et de lentilles.		17.49	16.21	2.81	13.40	33.50	36.31	1.28	37.59	62.41
7	3		Sons.		16.91	15.50	2.27	12.23	30.57	33.81	1.41	35.25	64.75
8	3		Farine de fèves, lentilles et sons		17.96	17.18	3.16	14.02	35.05	38.21	0.78	38.99	61.01
9 et 10	6		Rien.	Mélange de 1 de sons, 2 de farine d'orge et 3 de farine de fèves et de lentilles.	16.11	14.77	3.99	11.78	29.15	32.41	1.32	33.76	66.24
11et12	6		Rien.	Mélange de 1 de sons, 2 de farine de fèves et lentilles et 3 de farine d'orge.	17.60	15 88	3.08	12.80	32.00	35.08	1.72	36.80	63.20
				Moyennes.	16.66	15.44	2.90	12.54	31.35	34.25	1.21	35.46	64.54

SÉRIE III.

1	4	8. 0	Morne sèche.	Sons et farine de maïs, p. ég.	18.12	17.05	5.40	11.65	29.12	34.52	1.05	35.57	64.43
2	4			Farine de maïs.	20.86	19.27	5.48	13.79	34.47	39.95	1.59	41.54	58.46
				Moyennes.	19.49	18.16	5.44	12.72	31.79	37.23	1.32	38.55	61.45
				Moyennes générales.	17.40	16.04	3.96	12.08	30.20	34.16	1.36	35.52	61.48

Un certain rapport entre les taux de matière azotée et de matière non azotée est nécessaire, mais c'est bien plutôt la *digestibilité* des fourrages que leur composition proprement dite qui peut déterminer leur valeur comparative : c'est elle qu'il faut étudier.

Dans ces dernières années, de nombreux travaux sont venus démontrer l'exactitude de cette assertion. On connaît aujourd'hui le coefficient de digestibilité des principaux éléments des fourrages et l'on doit en tenir compte désormais dans le calcul des rations des animaux de la ferme.

Le tableau XXII fournit des renseignements complets sur la répartition de la graisse dans les différentes parties du porc soumis à des alimentations diverses et montre l'influence considérable du mode d'alimentation sur la formation de la graisse. Le tableau XXIII complète le tableau XXI et fait connaître la répartition de la substance sèche consommée, entre l'accroissement en poids vif et les produits d'élimination.

Résumé des rapports entre la constitution des fourrages et celle de l'accroissement.

L'ensemble de la dernière partie du travail de Lawes et Gilbert peut se résumer en quelques propositions importantes :

1° Les moutons préparés pour la boucherie, avec une bonne alimentation mixte, assimilent rarement plus de 3 p. 100 de la matière minérale du fourrage.

La proportion exacte des principes minéraux assimilés dépend beaucoup des relations de la matière minérale avec la substance organique assimilable du fourrage et notamment de la teneur de cette substance en composés azotés.

Rarement moins de 5 p. 100 de l'azote est assimilé si le fourrage est riche en matières azotées, rarement plus de 5 p. 100 s'il est pauvre.

Pour 100 parties de substances non azotées assimilées, il y a 10 parties de graisse formée.

2° Les porcs bien nourris assimilent de 6 à 10 p. 100 de l'azote consommé. La proportion d'azote assimilé est minima pour les fourrages riches en azote, maxima pour les fourrages pauvres.

20 p. 100 de graisse au maximum sont formés par 100 de substances non azotées consommées.

3° Les moutons bien préparés pour la boucherie, avec une bonne alimentation mixte, donnent environ 9 parties p. 100 d'accroissement consistant en 8 de graisse, 0.8 à 0.9 de substance azotée et 0.2 de matière minérale *pour cent* de la substance sèche totale consommée.

Plus de 90 p. 100 de la substance consommée sont éliminés par les différentes voies digestives, pulmonaires et cutanées.

4° Les porcs bien nourris donnent 15 à 18 de substance sèche en accroissement, consistant en 13 à 16 de graisse, 1 1/2 à 2 de substance azotée, et moins de 0.2 de substance minérale *pour cent* de la substance sèche totale consommée.

82 à 85 p. 100 des substances consommées sont éliminés.

5° Les porcs fabriquent 4 à 5 fois plus de graisse qu'il n'en existe de toute formée dans le fourrage.

Si la graisse vient de la fécule, 1 partie exige pour se constituer 2,5 parties de cette substance. Si la graisse est ainsi formée, 1/3 environ de la substance sèche du fourrage contribue à la formation d'environ moitié en poids de substance sèche de l'accroissement.

Dans ce sens, il n'y aurait que 2/3 (au lieu de 82 à 85 p. 100) de la substance sèche du fourrage d'éliminé.

La valeur comparative des fourrages, *comme source d'accroissement marchand de l'animal,* dépend plus de la quantité de principes non azotés digestibles que de celle des principes azotés. Mais, *comme source d'engrais,* la valeur des aliments est d'autant plus grande qu'ils sont plus azotés.

Il nous reste à examiner le dernier chapitre relatif à la valeur nutritive de la viande comparée à celle du pain.

Section X. — Relation entre les principes non azotés (non fabricateurs de chair) et les principes azotés dans l'aliment animal et dans le pain.

(Voir tableau XXIV.)

Il a été bien établi, par l'analyse, que le corps entier de quelques-uns des animaux les plus importants pour l'alimentation humaine, considérés même à l'état dit *maigre,* contient plus de *graisse sèche* que de *substances azotées sèches.* (Tableau X, page 318.)

C'est le cas du bouvillon 1/2 gras, du jeune mouton maigre, du vieux mouton 1/2 gras, et du porc maigre.

Les deux derniers (vieux mouton et porc maigre) renferment, pour le corps entier, 1 fois et 3/4 autant de graisse que de substances azotées sèches.

Parmi les animaux *bons* pour la boucherie, un bœuf contient plus de 2 fois autant de graisse que de matières protéiques ; un mouton modérément gras, 3 fois autant; le bœuf très gras, 5 fois autant.

Le porc gras 4 fois autant;

L'agneau gras lui-même 2 fois autant.

Le veau gras est le seul qui renferme moins de graisse que de matière azotée.

Les types de mouton et de porc maigres analysés par Lawes et Gilbert sont certainement dans un état *beaucoup plus maigre* que ceux qu'on abat d'ordinaire pour l'alimentation.

L'une des plus importantes applications des travaux que nous avons exposés jusqu'ici consiste dans la détermination des principales différences existant entre l'alimentation animale et l'alimentation végétale, dans le régime mixte de l'homme.

Parmi les aliments végétaux, Lawes et Gilbert prennent comme type le pain de froment, c'est lui qu'ils vont comparer à la viande en établissant les proportions respectives de principes azotés (plastiques) et de principes non azotés (respiratoires) qu'ils renferment.

Cette division, groupant tous les éléments nutritifs en bloc sous ces deux dénominations, est encore la plus pratique dans l'état de nos connaissances.

Il y a des principes azotés qui ne concourent pas à la formation de la chair (chondrine, gélatine, etc.), mais comme on n'en connaît pas la proportion dans les animaux, on n'en peut, pour l'instant, tenir compte dans ce genre de calcul.

Étant donnée, comme point de départ, cette classification en deux groupes *plastique, respiratoire,* il faut évaluer quel est dans chacun des animaux le *quantum* comestible de ces substances.

Il est évident que ce que les tableaux indiquent comme *corps entier* de l'animal ne peut être pris comme ne représentant que les parties comestibles.

On se rappelle en effet que deux groupes ont été faits : quartiers, issues. Il ne faut pas oublier qu'une quantité considérable de l'azote des quartiers se trouve dans les os; une très faible partie seule de celle-là entre dans la consommation.

D'un autre côté, une proportion considérable des issues, organes internes, riches en azote, sert à l'alimentation.

Enfin la graisse des *quartiers* ne peut pas toujours être considérée comme représentant la proportion de toute la graisse du corps qui est consommée.

Il y a donc lieu de discuter les quantités réelles approximatives de matière azotée et de graisse qui entrent dans l'alimentation humaine. Voici comment Lawes et Gilbert procèdent.

Veau et bœuf.

Matière azotée.

Dans les veaux et bœufs analysés, les 2/3 environ de la substance azotée totale du corps se trouvent dans ce que nous avons appelé les *quartiers*. Par conséquent, 66 p. 100 de l'azote sont contenus dans les quartiers, dont 12 p. 100 dans les os de ces quartiers.

Supposant que les os ne sont pas du tout consommés, il reste dans les parties molles comestibles 54 p. 100 des substances azotées de tout le corps.

Sur les 33 p. 100 de matières protéiques accumulées dans les issues, dans le veau 7 à 8, dans le bœuf 4 à 5, sont consommés par l'homme.

Ajoutant les taux des quartiers et des issues, on trouve qu'il y a : dans le veau un peu plus, dans le bœuf un peu moins de 60 p. 100 de l'azote total des animaux qui sert à l'alimentation l'homme.

Matières grasses.

D'après les analyses citées précédemment, on peut conclure aux taux moyens suivants comme représentant les quantités consommées par l'homme :

Dans les quartiers : 70 p. 100 de la graisse totale du veau.
— 75 — — bœuf.
Des 30 p. 100 de graisse des issues du veau 25 environ.
Des 25 — — bœuf 5 —
Soit 95 p. 100 de graisse totale du veau.
Soit 80 — — bœuf.

Agneau et mouton.

Eu égard à la forte teneur en azote de la laine, 52 à 53 p. 100 seulement de la substance azotée totale de l'animal se trouvent dans les quartiers, 10 environ sont associés aux os, ces derniers n'entrant que pour une très faible quantité dans l'alimentation humaine.

Les issues fournissent à l'alimentation 47 ou 48 p. 100 de tout l'azote qu'elles contiennent, soit 6 à 7 parties d'azote pour 100 d'issues consommés.

En nombres ronds, on peut dont admettre que 50 p. 100 de la totalité des matières azotées du mouton et de l'agneau entrent dans la consommation humaine.

Graisse. 75 p. 100 de la graisse totale du corps se trouvent dans les *quartiers*. Le tout est consommé par l'homme : pour le mouton c'est la seule graisse qu'il fournisse à l'alimentation, les issues n'étant pas comestibles.

Pour l'agneau, 95 p. 100 de la graisse *totale du corps*, selon Lawes et Gilbert, sont consommés par l'homme.

Porc gras (matière azotée et graisse).

Les 3/4 de l'azote total sont contenus dans les quartiers.

Sur les 74 à 75 p. 100 qu'ils renferment, 4 à 5 se trouvent dans les os.

Les parties molles comestibles des quartiers contiennent donc environ 70 p. 100 des composés azotés du porc.

Mais 8 p. 100, au moins, provenant des issues, entrent dans la consommation, soit 78 p. 100 de tout l'azote.

De la graisse, 90 p. 100 se trouvent dans les quartiers et peuvent être regardés comme comestibles.

Le tableau XXIV donne la récapitulation de ces estimations.

Adoptant ces évaluations, on voit que :

Dans les *veaux* et *agneaux* surtout, dans les *bœufs* et *moutons* aussi, le *rapport de la graisse aux composés azotés,* dans les parties consommées par l'homme, est plus élevé que leur rapport dans les quartiers entiers (os compris) [tableau X, p 318].

TABLEAU XXIV.

Rapport entre les principes non azotés et les principes protéiques dans les animaux de boucherie et dans le pain.

ESPÈCES ANIMALES.	PROPORTION de substance grasse pour 1 de matières protéiques		PROPORTION de fécule ou d'équival. de fécule (graisse) pour 1 de matières protéiques	
	dans les quartiers (os inclus).	dans l'ensemble des parties servant à l'alimentation humaine.	dans les quartiers (os inclus).	dans l'ensemble des parties servant à l'alimentation humaine.
Animaux maigres ou demi-gras.				
Mouton maigre	1.64	»	4.09	»
Porc maigre	2.01	»	5.02	»
Bœuf demi-gras	1.27	1.53	3.17	3.83
Vieux mouton demi-gras	2.11	2.51	5.27	6.28
Animaux gras et très gras.				
Veau gras	1.00	1.54	2.49	3.85
Bœuf gras	2.31	2.76	5.78	6.91
Agneau gras	3.39	4.40	8.49	11.01
Mouton gras	3.96	4.37	9.89	10.93
Mouton très gras	6.07	6.28	15.18	15.69
Porc gras	4.71	4.48	11.77	11.20
Moyennes				
d'animaux maigres et demi-gras	1.76	2.02	4.39	5.05
d'animaux gras et très gras	3.57	3.97	8.93	9.93
des dix animaux analysés	2.85	3.48	7.11	8.71
Pain de froment.				
Pain entier, croûte et mie ensemble	»	»	6.8	

ANIMAUX.	TAUX P. 100 DE MATIÈRES CONSOMMÉES dans l'alimentation humaine	
	du total des matières protéiques du corps.	du total de la graisse.
Veaux	60	95
Bœufs	60	80
Agneaux	50	95
Moutons	50	75
Porcs	78	90

Dans les *porcs*, d'autre part, c'est l'inverse qui est vrai : le rapport de la graisse aux matières azotées dans les quartiers (tête et pieds compris) est plus étroit que leur proportion dans les parties utilisées par l'homme pour son alimentation.

Les proportions exactes de chacun de ces constituants dans les quartiers entiers et dans les parties consommées respectivement par chaque animal se trouvent dans les deux dernières colonnes du tableau XXIV sur lequel nous allons revenir.

Avant d'établir la comparaison entre la viande et le pain, il faut fixer les rapports qui existent entre la graisse de l'une et la fécule de l'autre. D'après ce que nous avons vu précédemment, $2^{g},45$ ou $2^{g},5$ de fécule correspondent à 1 gr. de graisse formée dans le croît ; 2.5 représentent donc le poids d'amidon du pain correspondant à 1 de graisse de la viande.

En multipliant par 2.5 la quantité de graisse des quartiers ou celle de la graisse totale consommée par l'homme, on a l'équivalent en fécule (amidon) et congénères non azotés du pain.

L'équivalent en fécule ainsi trouvé, divisé par le taux des matières azotées du pain, donne le rapport nutritif $\frac{M\,Az}{Mn\,Az}$ du pain.

Voici la composition moyenne du *pain* de bonne qualité adoptée par Lawes et Gilbert, croûte et mie (tout compris) :

64 p. 100 substances sèches totales.
36 p. 100 eau.

	p. 100.	
Matières minérales	1.5	64
— azotées contenant Az = 1.3 p. 100	8.2	
Amidon et autres matières non azotées	53.3	
Matière grasse	1.0	
Eau		36
		100

En multipliant le taux p. 100 de graisse par 2.5 d'amidon, on a 2.5 à ajouter, pour avoir son équivalent en amidon, à 53.3, soit = 55.8 pour l'équivalent de fécule rapporté à la graisse. 55.8 divisé par 8.2 donne pour la valeur du rapport nutritif du pain de bonne qualité, 1 de matière azotée pour $6^{p},8$ de matière non azotée.

Voilà le rapport type qui servira de comparaison avec le rapport nutritif des diverses catégories de viande.

J. Forbes Watson a communiqué à Lawes et Gilbert, après l'achèvement de leur travail, les résultats de l'analyse de 43 pains de Londres, pris dans diverses boulangeries ; la moyenne donne :

Matières minérales	1.44
— azotées	8.23 (1.306 azote).
Graisse	1.00
Matière sèche	63.63

Soit :

$$\frac{\text{M Az}}{\text{Mn Az}} = \frac{1}{6.74}$$

Odling, comme moyenne de 25 analyses, a trouvé le rapport : $\frac{1}{6.71}$.

Le nombre admis par Lawes et Gilbert est donc exact.

Le tableau XXIV indique le rapport nutritif pour les différentes viandes, savoir (graisse et matières azotées) :

1re division : 1° pour les quartiers analysés ; 2° pour les portions *totales* consommées de l'animal entier.

2e division : Rapport, calculé en équivalent de fécule, 1° dans les quartiers (os inclus) ; 2° dans les parties totales consommées de l'animal entier ; 3° dans le pain, croûte et mie, tout compris.

Ce calcul met en évidence ce fait frappant que le rapport nutritif entre la graisse et la substance azotée, variant entre $\frac{1}{3.5}$ et $\frac{1}{5}$, est donné par les animaux *en bonne condition*, tant dans les quartiers que dans l'animal entier.

Pour l'ensemble des parties consommées, on a sensiblement :

Veau	1 1/2	fois autant de graisse	que de matières	azotées.
Bœuf	2 3/4	—	—	—
Agneau	4 1/2	—	—	—
Mouton				
Porc				
Mouton très gras	6	—	—	—

Il est bien remarquable que la denrée principale de notre alimentation animale, la viande, à laquelle on attribue généralement une si

haute valeur comme aliment *plastique destiné à former la chair*, contienne, à l'état de graisse, une si forte proportion de matière non azotée par rapport à la substance azotée.

La comparaison des résultats de l'analyse de la viande et du pain n'est pas moins intéressante.

En examinant la seconde division du tableau qui donne la graisse de la matière animale calculée en fécule et *congénères respiratoires* du pain, on est frappé de l'analogie extrême de ces rapports ; tout physiologiste y verra presque une identité.

Au point de vue pratique, comme au point de vue scientifique, la graisse et les composés de la série de l'amidon peuvent être (disent Lawes et Gilbert) considérés comme se remplaçant mutuellement dans nos aliments.

Le rapport $\frac{\text{MAz}}{\text{MnAz}}$ dans le pain $= \frac{1}{6.8}$. Dans les animaux analysés le *total des parties comestibles* donne un rapport inférieur dans un seul cas, le veau $\left(\frac{1}{3.85}\right)$.

Dans le bœuf il y a identité $\frac{1}{6.9}$; il y aurait plutôt excédent en faveur de l'élément *non azoté*.

Dans l'agneau, le mouton gras, le porc gras, le rapport nutritif est 1 fois 1/2 plus élevé que dans le pain.

Dans le mouton extra-gras, 2 fois plus environ.

Dans la moyenne des animaux *mûrs* pour la boucherie, le rapport est $\frac{1}{10}$. Dans les animaux maigres, l'aliment est moins féculent que le pain $\left(\frac{1}{3.83}, \text{veau}\right)$ $\left(\frac{1}{6.28}, \text{mouton}\right)$!

Si de l'examen de l'animal entier, nous passons à celui des quartiers, nous trouvons que, dans *la plupart des cas,* le rapport des *matières respiratoires* aux *matières azotées* est plus élevé que dans le pain. Excepté le veau gras et le bœuf gras $\left(\frac{1}{2.49} \text{ et } \frac{1}{5.78}\right)$.

D'un autre côté, dans les quartiers de l'agneau gras, le rapport est $\frac{1}{8.49}$, dans le mouton gras $\frac{1}{9.89}$, dans le porc gras $\frac{1}{11.77}$, dans le mouton extra gras $\frac{1}{15.18}$.

La moyenne pour les animaux gras $= \frac{1}{8.93}$ et celle des dix animaux

$= \frac{1}{7.11}$, c'est-à-dire partout plus de matières féculentes, par rapport aux matières azotées, que dans le pain.

En ce qui concerne l'accroissement produit par l'alimentation chez l'homme (par l'usage des aliments animaux) il peut rester quelque doute. En général, l'alimentation animale (comparée au pain) renferme plus de matières *respiratoires* que le pain ; mais la viande donne une vigueur et possède d'autres avantages pour la santé qui ne semblent pas appartenir à l'alimentation végétale.

La grande différence qui existe, sous le rapport de la composition, entre le pain et la viande n'est pas tant dans les quantités de *matières respiratoires* que dans leur nature : *graisse* dans un cas, *amidon* dans l'autre.

Concentration dans la viande sous forme de graisse ; *dilution* dans les aliments végétaux, fécule, amidon; la graisse est formée dans un cas, elle est à former dans l'autre.

Il faut noter aussi la facile digestibilité de la graisse ; les autres substances non azotées ne se digérant pas aussi facilement, la graisse aide à la digestion.

Il y a une part très large à faire à la physiologie dans ces questions, mais la chimie est un auxiliaire indispensable de l'étude de la nutrition.

APPENDICE

Taux et composition des cendres des animaux de boucherie

J'ai fait connaître (tableau IV, page 298) les quantités de cendres fournies par les quartiers, les issues et le corps entier des dix animaux type, analysés par Lawes et Gilbert. Au moment de la publication de leur grand travail, ces savants avaient dû se borner à ces notions sommaires. Depuis cette époque, ils ont procédé à l'analyse complète des cendres des diverses parties du corps des bœufs, veaux, moutons et porcs qui ont servi à leurs études sur l'alimentation.

En 1883 a paru (dans les *Phil. transactions of the Roy. Soc.*, t. III) un travail d'ensemble sur les matières minérales des dix animaux étudiés. C'est ce mémoire complémentaire que je me propose d'analyser ici.

Les analyses ont porté sur trois lots de cendres de chacun des dix animaux, savoir :

1° Mélange proportionnel de toutes les parties des quartiers;

2° Mélange proportionnel de toutes les parties des issues ;

3° Mélange proportionnel de toutes les parties des quartiers et des issues, représentant les cendres de l'animal entier.

La répartition des organes et parties du corps, en quartiers et issues, est celle que nous avons précédemment indiquée pour chaque espèce animale. (Voir page 281.)

Il a été fait douze analyses distinctes et complètes des cendres des quartiers ; une pour chaque animal et deux en double pour vérification (bœuf gras et mouton gras).

Il a été fait dix-sept analyses complètes des issues ; une par animal, deux pour les têtes et les pieds des deux porcs et cinq analyses pour vérification.

Pour l'ensemble du corps, on a fait onze analyses, dont une de vérification.

Lawes et Gilbert ont donc exécuté en tout quarante analyses complètes de cendres, sans compter les dosages faits en double pour certains éléments.

Le mémoire de 1883 et son appendice ne renferment pas moins de 13 tableaux numériques, la plupart en mesures anglaises. Je me borne à reproduire (voir les tableaux XXV et XXVI) les tableaux V et VI du mémoire original qui résument toutes ces analyses.

Le premier fait connaître les *taux centésimaux* des dix animaux en cendres brutes et cendres pures et la *composition centésimale* des cendres pures.

Le deuxième (tableau XXVI) indique la teneur de 1,000 kilogr. de poids vif à jeun de chacun des dix animaux en cendres pures et en chacun des principes de ces cendres. Ces deux tableaux suffisent pour tous les calculs qu'on peut avoir à faire sur la composition probable du bétail d'une exploitation, dont on a préalablement déterminé l'état et le poids vif.

La composition centésimale des cendres des animaux de la ferme (tableau XXV) met en évidence un certain nombre de faits intéressants. J'en relèverai quelques-uns. Par ordre d'importance, les éléments minéraux des cendres des animaux se classent de la manière suivante (animaux entiers) :

	P. 100.	
Chaux (maximum)	46.62	bœuf gras.
— (minimum).	38.49	porc gras.
Acide phosphorique (maximum). . .	40.37	veau gras.
— (minimum). . .	38.68	mouton très gras.

Ces deux corps constituent à eux seuls les 4/5 des cendres des animaux. Ensemble des quartiers et des issues :

	P. 100.	
Potasse (maximum).	8.57	porc gras, les quartiers en renfermant jusqu'à 9.68 p. 100.
— (minimum).	4.41	Bœuf demi-gras.

Ensuite vient la soude, avec un maximum de 4.36 p. 100 dans le porc gras et un minimum de 3.04 p. 100 dans le bœuf gras.

La magnésie figure pour 1.52 p. 100 (bœuf gras) à 2.20 p. 100 veau gras.

TABLEAU XXV

Taux p. 100 des cendres brutes et des cendres pures. (Sable et charbon déduits.)
Taux p. 100 des principes constituants des cendres pures.

CENDRES et principes constituants des cendres.	Veau gras.	Bœuf demi-gras.	Bœuf gras.	Agneau gras.	Mouton maigre.	Vieux mouton demi-gras.	Mouton gras.	Mouton très gras.	Porc maigre.	Porc gras.
1° Quartiers.										
Cendres brutes.	4.48	5.56	4.56	3.63	4.35	4.13	3.45	2.77	2.57	1.40
Cendres pures.	4.46	5.51	4.53	3.61	4.31	4.12	3.43	2.76	2.56	1.39
Peroxyde de fer	0.39	0.62	0.56	0.43	0.36	0.49	0.40	0.39	0.63	0.64
Chaux.	43.93	46.89	47.02	46.83	45.43	46.21	46.65	47.36	40.35	38.59
Magnésie	2.09	1.71	1.70	1.79	1.86	1.76	1.81	2.05	2.13	2.08
Potasse	5.90	4.87	4.54	4.62	5.18	5.07	4.65	3.78	8.47	9.68
Soude.	3.08	2.60	2.59	2.47	2.97	2.65	2.80	2.74	3.72	4.10
Acide phosphorique	41.54	40.00	40.40	40.37	40.36	40.62	40.84	41.00	40.02	40.19
Acide sulfurique.	1.03	0.66	0.69	0.81	1.24	0.50	0.53	0.47	1.96	1.26
Acide carbonique	1.14	1.80	1.68	1.82	1.40	1.84	1.47	1.63	1.17	1.26
Chlore.	1.02	0.75	0.88	0.93	1.46	1.02	0.93	0.70	1.81	2.25
Silice	0.11	0.27	0.14	0.14	0.07	1.07	0.13	0.04	0.15	0.17
TOTAUX.	100.23	100.17	100.21	100.21	100.33	100.23	100.21	100.16	100.41	100.52
Oxygène corresp. au chlore, à déduire.	0.23	0.17	0.21	0.21	0.33	0.23	0.21	0.16	0.41	0.52
TOTAUX.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2° Issues. (Contenu de l'estomac déduit.)										
Cendres brutes.	3.41	4.05	3.40	2.45	2.19	2.72	2.32	3.64	3.07	2.97
Cendres pures.	3.37	3.98	3.33	2.31	1.95	2.40	1.96	3.54	3.04	2.93
Peroxyde de fer	1.10	1.32	1.78	2.41	3.68	3.73	4.87	2.09	0.90	1.31
Chaux.	41.39	41.51	41.16	35.91	36.42	37.35	35.22	36.97	41.77	41.07
Magnésie.	1.68	1.42	1.28	1.67	1.77	1.57	1.81	1.69	1.79	1.59
Potasse	4.46	3.10	4.80	9.28	7.25	7.37	7.89	8.23	5.69	5.99
Soude.	6.53	5.56	6.41	6.91	6.99	5.58	6.03	7.29	4.81	4.86
Acide phosphorique	39.26	38.12	39.27	34.86	33.60	35.24	33.15	35.07	40.87	39.85
Acide sulfurique.	1.19	1.23	1.59	3.12	2.87	3.17	3.36	1.82	1.25	1.50
Acide carbonique	1.14	1.76	0.90	0.39	0.92	0.99	1.07	1.81	0.67	1.40
Chlore.	3.80	3.30	3.07	4.71	5.31	3.38	3.72	4.76	2.58	2.99
Silice	0.31	0.41	0.43	1.48	2.40	2.38	3.72	1.34	0.34	0.28
TOTAUX.	100.86	100.73	100.69	101.07	101.21	100.76	100.81	101.07	100.56	100.81
Oxygène corresp. au chlore, à déduire.	0.86	0.73	0.69	1.07	1.21	0.76	0.81	1.07	0.56	0.81
TOTAUX.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3° Animal entier. Poids vif déterminé à jeun. (Contenu de l'estomac déduit.)										
Cendres brutes.	3.80	4.66	3.92	2.94	3.16	3.17	2.81	2.90	2.67	1.65
Cendres pures.	3.77	4.61	3.88	2.88	3.06	3.06	2.69	2.86	2.65	1.64
Peroxyde de fer	0.53	0.97	0.41	0.84	1.24	1.35	1.00	1.05	0.91	0.76
Chaux.	43.95	45.26	46.62	41.57	43.12	41.39	44.61	43.29	40.58	38.49
Magnésie	2.20	2.03	1.53	1.82	1.82	1.72	1.79	1.90	2.01	2.04
Potasse	5.40	4.41	4.46	5.74	5.64	5.27	5.53	5.53	7.39	8.57
Soude.	3.82	3.08	3.04	3.58	3.90	3.35	3.56	4.52	4.16	4.36
Acide phosphorique	40.37	40.22	39.80	38.96	38.96	39.15	38.72	38.68	40.12	40.11
Acide sulfurique.	1.08	0.86	0.79	1.18	1.78	1.06	1.01	0.99	2.33	2.15
Acide carbonique	1.34	1.97	2.13	1.53	1.09	1.83	1.67	1.70	0.60	1.29
Chlore.	1.55	1.24	1.47	1.86	2.31	1.61	1.61	2.30	2.22	2.78
Silice	0.12	0.24	0.08	0.33	0.67	0.63	0.86	0.56	0.18	0.11
TOTAUX.	100.36	100.28	100.33	100.41	100.53	100.36	100.36	100.52	100.50	100.63
Oxygène corresp. au chlore, à déduire.	0.36	0.28	0.33	0.41	0.53	0.36	0.36	0.52	0.50	0.63
TOTAUX.	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

TABLEAU XXVI

Quantités exprimées en kilogr. de cendres pures et de chacun des constituants des cendres par 1,000 kilogr. de poids vif des animaux à jeun.

CENDRES et leurs constituants.	Veau gras.	Bœuf demi-gras.	Bœuf gras.	Agneau gras.	Mouton maigre.	Vieux mouton demi-gras.	Mouton gras.	Mouton très gras.	Porc maigre.	Porc gras.
1° Quartiers.										
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Poids à l'état frais. .	621.000	617.000	662.000	598.000	533.000	536.000	575.000	630.000	661.000	760.000
Cendres pures. . . .	27.742	35.643	29.973	21.682	23.158	22.094	19.715	17.402	17.003	10.539
Peroxyde de fer . . .	0.104	0.223	0.169	0.095	0.082	0.105	0.079	0.067	0.106	0.065
Chaux.	12.187	16.713	14.093	10.148	10.514	10.204	9.200	8.240	6.863	4.066
Magnésie	0.580	0.611	0.512	0.391	0.430	0.391	0.354	0.356	0.362	0.22[illegible]
Potasse	1.636	1.735	1.361	1.006	1.198	1.115	0.921	0.656	1.436	1.0[illegible]2
Soude.	0.855	0.925	0.779	0.533	0.686	0.581	0.551	0.475	0.638	0.460
Acide phosphorique .	11.525	14.251	12.103	8.751	9.347	8.974	8.051	7.136	6.810	4.231
Acide sulfurique. . .	0.286	0.238	0.208	0.178	0.287	0.114	0.102	0.083	0.330	0.135
Acide carbonique . .	0.317	0.641	0.504	0.391	0.328	0.410	0.291	0.285	0.202	0.135
Chlore.	0.282	0.266	0.263	0.201	0.338	0.229	0.181	0.123	0.309	0.238
Silice	0.031	0.098	0.042	0.035	0.020	0.019	0.024	0.008	0.021	0.016
TOTAUX. . . .	27.801	35.704	30.031	21.729	23.230	22.142	19.751	17.429	17.077	10.59
Oxyg. corr. au chlore, à déduire.	0.062	0.061	0.061	0.047	0.072	0.048	0.039	0.027	0.074	0.051
TOTAUX. . . .	27.742	35.643	29.973	21.682	23.158	22.094	19.715	17.402	17.003	10.539
2° Issues. (Contenu de l'estomac et de l'intestin déduits.)										
Poids à l'état frais. .	298.000	262.000	265.000	312.000	383.000	353.000	357.000	317.000	314.000	197.00
Cendres pures. . . .	10.063	10.447	8.824	7.145	7.469	8.476	6.998	11.234	9.488	5.75
Peroxyde de fer. . .	0.112	0.138	0.157	0.177	0.276	0.314	0.338	0.234	0.036	0.076
Chaux.	4.162	4.650	3.631	2.571	2.722	3.168	2.461	4.155	3.960	2.363
Magnésie	0.170	0.148	0.114	0.118	0.133	0.133	0.126	0.190	0.170	0.091
Potasse	0.448	0.324	0.424	0.664	0.542	0.628	0.550	0.926	0.532	0.341
Soude.	0.657	0.580	0.565	0.498	0.522	0.476	0.425	0.819	0.457	0.280
Acide phosphorique .	3.949	3.982	3.461	2.488	2.496	2.987	2.319	3.941	3.878	2.291
Acide sulfurique. . .	0.120	0.130	0.141	0.249	0.215	0.266	0.236	0.202	0.117	0.087
Acide carbonique . .	0.116	0.184	0.080	0.024	0.072	0.086	0.079	0.202	0.064	0.089
Chlore.	0 383	0.345	0.271	0.332	0.399	0.285	0.259	0.534	0.245	0.172
Silice	0.031	0.042	0.038	0.107	0.184	0.200	0.259	0.150	0.032	0.017
TOTAUX. . . .	10.148	10.523	8.885	7.228	7.561	8.543	7.052	11.353	9.541	5.804
Oxyg. corr. au chlore, à déduire.	0.085	0.076	0.061	0.083	0.092	0.067	0.054	0.119	0.053	0.048
TOTAUX. . . .	10.063	10.447	8.824	7.145	7.469	8.476	6.998	11.234	9.488	5.756
3° Animal entier. Poids vif à jeun. (Contenu de l'estomac et de l'intestin déduits.)										
Poids à l'état frais [1]. .	919.000	909.000	927.000	910.000	916.000	889.000	932.000	947.000	978.000	957.00
Cendres pures. . . .	37.759	46.094	38.826	28.876	30.615	30.634	26.836	28.636	26.501	16.32
Peroxyde de fer . . .	0.207	0.405	0.244	0.261	0.369	0.419	0.343	0.301	0.218	0.133
Chaux.	16.463	21.114	17.919	12.808	13.214	13.503	11.844	12.395	10.792	6.359
Magnésie	0.788	0.846	0.611	0.515	0.558	0.524	0.484	0.546	0.532	0.321
Potasse	2.061	2.045	1.759	1.661	1.735	1.681	1.483	1.582	1.963	1.380
Soude.	1.477	1.461	1.261	1.030	1.197	1.043	0.968	1.294	1.101	0.727
Acide phosphorique .	15.349	18.390	15.514	11.257	11.883	11.988	10.404	11.077	10.660	6.514
Acide sulfurique. . .	0.406	0.382	0.328	0.386	0.522	0.352	0.307	0.285	0.532	0.288
Acide carbonique . .	0.470	0.867	0.708	0.427	0.369	0.529	0.409	0.487	0.213	0.208
Chlore.	0.625	0.592	0.552	0.533	0.722	0.505	0.437	0.657	0.570	0.432
Silice	0.054	0.126	0.056	0.119	0.205	0.204	0.255	0.158	0.053	0.023
TOTAUX. . . .	37.900	46.228	38.592	29.000	30.774	30.748	26.934	28.782	26.634	16.423
Oxyg. corr. au chlore, à déduire.	0.141	0.134	0.126	0.124	0.159	0.114	0.098	0.146	0.133	0.104
TOTAUX. . . .	37.759	46.094	38.826	28.876	30.615	30.634	26.836	28.636	26.501	16.32

[1] Évaporation et contenu des estomacs et des intestins non compris.

Tous les autres corps n'entrent que pour des taux inférieurs à 2 p. 100 dans la constitution des cendres, sauf le chlore (associé au fluor qui n'a pas été dosé) qui figure jusqu'à près de 3 p. 100 (2.78 p. 100) dans les cendres du porc gras.

Le tableau XXVI permet de calculer les quantités de principes minéraux exportés d'une exploitation par le bétail vendu sur pied. Les chiffres qu'il contient m'ont souvent servi dans les études de statique chimique des exploitations rurales dont la comptabilité indique le poids vif des animaux achetés et des animaux nés et sortis de la ferme.

Conclusion.

En résumé, la magistrale étude de Lawes et Gilbert met à la disposition des agronomes, des chimistes et des économistes les seuls documents complets que nous possédions sur la composition probable du bétail vivant et sur la composition du croît des animaux soumis à différentes alimentations. Je n'ai pu, dans le court résumé que j'ai présenté des recherches des savants expérimentateurs de Rothamsted, donner qu'une idée sommaire des résultats acquis.

Je me suis cependant efforcé de ne laisser de côté aucun point capital de cet intéressant travail. Pour ceux de nos lecteurs qui désireraient étudier spécialement tel ou tel des mémoires d'où j'ai extrait le résumé qui précède, je crois utile d'indiquer, en terminant, la nomenclature des publications de Lawes et Gilbert, de 1849 à 1883, sur la question du bétail et les sources auxquelles on peut recourir pour l'étude des mémoires originaux.

L. GRANDEAU.

ROTHAMSTED MEMOIRS

Published.

1. Agricultural Chemistry; Sheep-Feeding and Manure. Part I. (With Tabular Appendix in 1856.) (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. X., p. 276) 1849
2. Report of Experiments on the Comparative Fattening Qualities of different Breeds of Sheep; Hampshire and Sussex Downs. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XII., p. 414). 1851
3. Report of Experiments on the Comparative Fattening Qualities of different Breeds of Sheep; Cotswolds. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XIII., p. 179). 1852
4. On the Composition of Foods in relation to Respiration and the Feeding of Animals. (Report of the British Association for the Advancement of Science for 1852). 1852
5. Agricultural Chemistry; Pig Feeding. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XIV., p. 459). 1853
6. On the Equivalency of Starch and Sugar in Food. (Report of the British Association for the Advancement of Science for 1854). 1854
7. Experiments on the Comparative Fattening Qualities of different Breeds of Sheep; Leicesters and Cross-breds. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XVI., p. 45) 1855
8. Experimental Inquiry into the Composition of some of the Animals fed and slaughtered as Human Food. (Proceedings of the Royal Society of London, Vol. IX., p. 348) 1858
9. Observations on the recently-introduced Manufactured Foods for Agricultural Stock. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XIX., p. 199). . . . 1858
10. On the Composition of Oxen, Sheep, and Pigs, and of their Increase whilst Fattening. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XXI., p. 433). . . 1860
11. Fifth Report of Experiments on the Feeding of Sheep. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XXII., p. 189). 1861
12. Report of Experiments on the Fattening of Oxen at Woburn Park Farm. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XXII., p. 200). 1861
13. Experiments on the question whether the use of Condiments increases the Assimilation of Food by Fattening Animals, or adds to the Profits of the Feeder. (Edinburgh Veterinary Review and Annals of Comparative Pathology, July, 1862). 1862
14. Supplementary Report of Experiments on the Feeding of Sheep. (Jour. Roy. Ag. Soc. Eng., Vol. XXIII., p. 191) 1862
15. On the Chemistry of the feeding of animals for the production of meat and Manure. (Roy. Soc. Dublin). 1864

Published.

16. Relative value of unmalted and malted Barley as Food for Stock. (Roy. Agr. Soc. of England.) 1866
17. Food in its relations to the various exigencies of the animal body. (Phis. Magazine) 1866
18. On the source of the fat of the animal body. (Phis. Magazine) 1866
19. On some points in connection with animal nutrition, by Dr Gilbert. (Conférence du South-Kensington). 1876
20. Supplement to former paper entitled experimental inquiry into the composition of some of the animals fed and slaughtered as human food. (Ph. trans. of the Roy. Soc. Part III) 1883

RÉSUMÉ DES RECHERCHES DE GRIFFITHS

SUR

L'EMPLOI DU SULFATE DE FER

EN AGRICULTURE[1]

I.

Les premières recherches de Griffiths concernant l'influence des sels de fer sur le développement des végétaux sont décrites dans le « *Journal of the Chemical Society* » année 1883, page 496.

L'auteur a choisi trois jeunes choux, sensiblement de même poids et bien vigoureux. Deux d'entre eux furent plantés l'un à côté de l'autre ; le n° I ne reçut point d'engrais ; le n° II reçut un engrais composé de noir animal, de phosphates et de sulfate de fer du commerce[2]. Le n° III fut planté dans un sol différent du précédent ; il reçut même poids d'engrais que le n° II, mais il était moins exposé que lui à la lumière. Ces trois plantes séjournèrent en terre de février à décembre. Elles furent alors arrachées avec leurs racines et pesées, après que toute la terre qui y était adhérente eut été enlevée par le lavage.

Le n° I pesait	$2^{kg},512$
Le n° II pesait	4 ,161
Le n° III pesait.	3 ,792

1. En attendant que nous puissions faire connaître les résultats des essais institués dans les champs d'expériences de la *Station agronomique de l'Est* à l'École pratique d'agriculture Mathieu de Dombasle, nous avons pensé qu'il était intéressant de mettre sous les yeux des lecteurs des *Annales* un résumé des recherches de M. Griffiths dont notre collaborateur, M. Margottet, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, a bien voulu se charger. L. G.

2. Le mémoire ne contient point la composition de cet engrais.

L'analyse des cendres obtenues séparément avec les tiges et les feuilles a conduit aux résultats suivants :

	N° I.		N° II.		N° III.	
	Tiges.	Feuilles.	Tiges.	Feuilles.	Tiges.	Feuilles.
Sesquioxyde de fer .	1.502	8.323	3.531	12.290	3.005	11.832
Acide phosphorique .	14.463	12.931	18.944	16.210	18.891	16.123

Griffiths tire de ces résultats les conclusions suivantes :

1° Les plantes qui, comme les différentes variétés de choux, contiennent un grand nombre de cellules chlorophylliennes, en croissant dans un sol riche en fer et en acide phosphorique à l'état soluble, deviennent plus volumineuses et plus robustes que si le sol qui les a nourries manque de ces composés solubles ;

2° Dans les sols contenant de tels engrais, ces plantes paraissent absorber de plus grandes quantités de fer et de phosphates solubles que dans les sols où ces éléments font défaut ;

3° Les rayons du soleil et la pluie paraissent favoriser cette absorption.

II.

Dans un deuxième mémoire inséré au recueil cité ci-dessus, 1883, page 165, Griffiths expose les expériences qu'il a exécutées en vue de savoir sous quelle forme le fer se trouve, en proportion souvent très élevée, dans les tissus d'un végétal.

Des coupes minces faites dans les feuilles fraîches des choux II et III, ci-dessus décrits, lui ont permis de constater, dans le protoplasma des cellules contenant des corpuscules de chlorophylle, l'existence de cristaux de petite dimension.

Par leurs réactions sur le ferricyanure de potassium et sur le chlorure de baryum, ainsi que par la considération de leur système cristallin, Griffiths admet que ces cristaux sont identiques à ceux du sulfate ferreux hydraté ayant pour formule $FeO, SO^3, 7 HO$.

Ces cristaux ont été trouvés également dans les cellules du n° I,

mais en proportion dix ou douze fois moindre que dans les deux autres.

Les cristaux de sulfate ferreux ont toujours été aperçus dans le voisinage des corpuscules de chlorophylle ; d'où cette supposition qu'ils constituent comme une réserve en vue de la formation de la matière chlorophyllienne.

Peut-on admettre que ces cristaux se sont formés pendant la vie de la plante, par suite d'une évaporation de leur dissolvant ; ou bien ont-ils pris naissance après le sectionnement de la plante ? La question n'a pas été résolue.

Ainsi, quoique le protoxyde de fer soit transformé dans le sol, par l'action oxydante de l'air, en sesquioxyde, il est certain que le fer se retrouve à l'état de sulfate de protoxyde dans le protoplasma des cellules chlorophylliennes, soit en cristaux, soit en dissolution.

III.

Les expériences rapportées ci-dessus (paragraphe I), quoique exécutées sur des plantes isolées et d'une nature spéciale, ayant mis en évidence l'heureuse influence du sulfate de fer sur la végétation, Griffiths a cherché expérimentalement, en 1883 et 1884, à quel degré ce composé minéral pouvait être utilisé comme engrais pour les récoltes ordinaires.

Ces expériences ont été exécutées dans des parcelles de terre bien drainées, situées dans le voisinage de Bromsgrove, Vorcestershire. Le sol, formé principalement d'argile et de limon dérivés du lias ou des parties supérieures des formations du nouveau grès rouge a donné à l'analyse les résultats suivants :

Silice et matières insolubles		80.75
Matières organiques		4.92
Oxyde ferrique	Fe^2O^3	3.93
Alumine	Al^2O^3	2.92
Magnésie	MgO	0.50
Carbonate de chaux	CaO, CO^2	3.25
Sulfate de chaux	CaO, SO^3	0.26
Potasse KO et soude NaO		0.36
Acide phosphorique	PhO^5	0.38
Humidité		2.73
		100.00

A. — Expériences de 1883.

Journal of the Chemical Society, février 1884, page 71. — Deux parcelles de terre, exposées de la même manière au soleil et à la pluie, furent ensemencées le même jour, et reçurent chacune le même nombre de grains de fève. L'une d'elles seulement reçut en outre, à l'hectare, 62^k,700 de sulfate de fer du commerce.

Chacune des récoltes fut pesée, d'abord immédiatement après avoir été enlevée du sol, ensuite après sa dessiccation.

Voici les résultats obtenus :

	POIDS de la récolte totale		VOLUME du grain.
	verte.	sèche.	
	Kilogr.	Kilogr.	Hectol.
Parcelle additionnée de sulfate de fer	3077	2688	20,35
— sans engrais.	2363	2035	12,72
Différence	714	633	7,63

L'engrais au sulfate de fer a donc produit un grand excédent de récolte.

Un certain nombre de plantes des deux parcelles de terre furent incinérées à la plus basse température possible dans une espèce de mouffle formé par une feuille de platine et chauffé dans un fourneau à gaz. L'analyse des cendres a donné les résultats suivants :

	PLANTES avec engrais.		PLANTES sans engrais.	
	I.	II.	I.	II.
Sesquioxyde de fer.	4.221	4.230	1.063	1.052
Potasse	18.400	18.395	20.791	20.710
Soude.	16.013	16.211	17.512	17.509
Chaux.	6.654	6.599	7.204	7.220
Magnésie.	7.981	7.899	8.795	8.760
Silice.	1.946	1.953	2.773	2.721
Acide phosphorique	41.902	41.899	37.941	37.920
— sulfurique.	1.001	1.022	1.400	1.462
Chlorure de sodium	1.781	1.792	2.510	2.490
	99.959	100.000	99.989	99.844

B. — Expériences de 1884.

Journal of the Chemical Society, 1885, p. 46.

Ces expériences ont été exécutées sur des légumineuses, des racines et des céréales, avec ou sans engrais.

1° *Légumineuses.*

Pour répéter les expériences de l'année précédente sur les légumineuses, deux parcelles de terre, de même superficie, furent ensemencées le même jour, avec des graines de fève (*vicia faba*), en nombres égaux pour chacune d'elles. La parcelle n° I reçut à l'hectare 62^{k},700 de sulfate ferreux ; la parcelle n° II ne reçut point d'engrais. A la fin de la saison, on obtint les résultats suivants :

	Poids de la récolte totale — verte.	Poids de la récolte totale — sèche.	Volume du grain.
	Kilogr.	Kilogr.	Hectol.
Parcelle additionnée de sulfate de fer	2819	2415	15,99
— sans engrais.	2174	1862	10,17
Différence.	645	553	5,82

Excédents de récolte dus au sulfate de fer.

	Poids de la récolte totale — verte.	Poids de la récolte totale — sèche.	Volume du grain.
	Kilogr.	Kilogr.	Hectol.
1883.	714	663	7,63
1884.	645	553	5,82

En 1884, comme en 1883, les excédents de récolte dus au sulfate de fer ont donc été très notables.

Analyses des cendres.

	I. PLANTE ENTIÈRE		II. GOUSSES sans graines		III. GRAINES	
	avec engrais.	sans engrais.	avec engrais.	sans engrais.	avec engrais.	sans engrais.
Sesquioxyde de fer . . .	4.910	1.002	2.094	0.924	0.575	0.574
Potasse	17.965	20.984	40.999	42.332	42.502	42.498
Soude.	18.021	18.213	2.986	3.715	1.362	1.365
Chaux.	5.999	7.125	7.001	6.548	4.783	4.779
Magnésie	8.002	8.839	7.142	7.231	7.111	7.124
Silice.	1.734	2.836	0.552	0.525	0.800	0.810
Acide phosphorique . . .	40.831	37.814	36.235	34.400	38.799	38.800
— sulfurique	1.162	1.396	2.582	3.442	2.546	2.531
Chlorure de sodium . . .	1.376	1.790	0.407	0.883	1.511	1.519
	100.000	99.999	99.998	100.000	99.989	100.000

Les analyses de cendres exécutées en 1883, ainsi que celles qui sont rapportées ci-dessus montrent que la teneur en sesquioxyde de fer de ces cendres est beaucoup plus forte dans le cas de plantes ayant reçu comme engrais du sulfate de fer que dans le cas contraire ; et, en outre, que l'acide phosphorique suit une progression ascendante parallèle à celle du sesquioxyde de fer.

Dans le tableau III relatif aux cendres des graines, on voit qu'il n'y a aucune différence, suivant que les plantes ont vécu ou non sous l'influence du fer, ce qui prouve, une fois de plus, que les cendres des graines ou de l'embryon d'un végétal ont une composition indépendante de l'engrais que l'on a fourni au sol dans lequel il se développe.

TABLEAUX.

Excédents en acide phosphorique et en sesquioxyde de fer dans les cendres, dus à l'emploi du sulfate de fer.

I. Plante entière.

	1883.			1884.		
	Avec fer.	Sans fer.	Différence.	Avec fer.	Sans fer.	Différence.
Sesquioxyde de fer. Fe^2O^3. . .	4.221	1.063	3.158	4.910	1.002	3.908
Acide phosphorique. PhO^5 . . .	41.902	37.941	3.961	40.831	37.814	3.017

II. Gousses sans graines.

	1883.			1884.		
	Avec fer.	Sans fer.	Différence.	Avec fer.	Sans fer.	Différence.
Sesquioxyde de fer. Fe^2O^3. . .	2.021	0.911	1.110	2.094	0.924	1.170
Acide phosphorique. PhO^5 . . .	36.061	34.210	1.821	36.235	34.400	1.835

2° *Céréales.*

Deux parcelles de terre de même superficie, exposées de la même manière au soleil et à la pluie, furent ensemencées en blé; l'une d'elles seulement reçut 62^k,700 de sulfate de fer à l'hectare. Après la moisson, on obtint les rendements suivants :

	POIDS de la récolte totale		VOLUME du grain.
	verte.	sèche.	
	Kilogr.	Kilogr.	Hectol.
Parcelle additionnée de sulfate de fer	2277	1951	1,018
— sans engrais.	2282	1978	0,981

Il résulte de ces nombres que, comme engrais, le fer paraît avoir beaucoup moins de valeur pour les céréales que pour les légumi-

neuses ; car les rendements pour les deux parcelles sont sensiblement identiques. Toutefois, on a constaté que, sous l'influence du sulfate de fer, les plantes avaient acquis une vigueur toute spéciale, et qu'elles avaient été complètement préservées de la rouille ; tandis que, dans la parcelle où l'on n'avait pas ajouté de fer, le blé avait été passablement envahi par ce parasite ; cela peut expliquer l'excédent de rendement de 37 litres de la première parcelle sur la seconde.

Les analyses des cendres obtenues avec les plantes de chacune des deux parcelles ont donné les résultats suivants :

Analyses des cendres.

	I. PLANTE ENTIÈRE		II. GRAINES	
	avec sulfate.	sans sulfate.	avec sulfate.	sans sulfate.
Sesquioxyde de fer	2.521	2.000	1.142	1.124
Potasse	12.024	12.561	31.024	32.392
Soude	2.135	2.410	2.504	2.497
Chaux	3.634	3.710	10.503	10.668
Magnésie	5.412	5.334	3.676	3.784
Silice	64.846	64.724	1.937	1.964
Acide phosphorique	4.424	4.524	46.222	45.269
— sulfurique	4.511	4.222	1.300	1.294
Chlore	0.493	0.514	0.692	1.007
	100.000	99.999	100.000	99.999

Les feuilles du blé provenant de la parcelle qui avait reçu du sulfate de fer contenaient 3.814 p. 100 de sesquioxyde de fer, et on n'a trouvé que 1.642 p. 100 de sesquioxyde de fer dans les feuilles provenant de l'autre parcelle.

3° *Racines.*

Les deux parcelles de terre choisies pour les expériences sur les racines furent ensemencées de navets ; l'une des deux seulement

reçut, comme dans les expériences précédentes, 62k,700 de sulfate de fer à l'hectare.

Voici les rendements de ces deux parcelles:

	PARCELLE avec sulfate.	
	avec sulfate.	sans sulfate.
	Kilogr.	Kilogr.
Récolte totale (racines et feuilles) . .	22730	20060
Racines	16764	13208

L'excédent de récolte dû au sulfate de fer est ici très notable.

Analyses des cendres fournies par les racines et les feuilles de navets.

	I. RACINES		II. FEUILLES	
	avec sulfate.	sans sulfate.	avec sulfate.	sans sulfate.
Sesquioxyde de fer.	1.210	0.321	3.202	0.986
Potasse. KO.	43.843	50.124	26.124	27.921
Soude. NaO	3.862	3.621	6.210	7.024
Chaux.	12.962	13.024	34.452	35.620
Magnésie.	1.900	2.000	2.541	4.199
Silice.	0.816	1.215	1.462	2.134
Acide phosphorique	17.910	16.412	6.943	4.218
— sulfurique.	5.010	6.954	13.910	11.999
Chlore.	3.487	6.328	5.154	5.898
	100.000	99.999	99.998	99.999

Il résulte des deux tableaux précédents que l'addition de sulfate de fer a quadruplé la teneur en sesquioxyde de fer trouvée dans les racines, et triplé celle qui correspond aux feuilles.

Azote contenu dans les diverses récoltes.

I. Fève (vicia faba).

	AVEC SULFATE.	SANS SULFATE.
	P. 100.	P. 100.
Grain	4.920	4.869
Paille	2.188	1.198
	7.108	6.067

II. Blé (Triticum vulgare).

	AVEC SULFATE.	SANS SULFATE.
	P. 100.	P. 100.
Grain	1.899	1.802
Menue paille	0.820	0.821
Paille	0.674	0.363
	3.393	2.986

III. Navet (Brassica rapa).

	AVEC SULFATE.	SANS SULFATE.
	P. 100.	P. 100.
Racine	2.189	2.181
Feuille	4.280	3.265
	6.469	6.446

Les deux tableaux suivants renferment les proportions en centièmes d'hydrate de carbone (solubles dans les acides étendus), de cellulose (insoluble dans les acides étendus), et de graisse contenues dans les différentes récoltes.

I. Avec addition de sulfate de fer.

	FÈVES.	PAILLE de fève.	BLÉ.	PAILLE de blé.	NAVETS.
Hydrates de carbone solubles	55.81	44.23	72.14	36.00	8.97
Cellulose	10.21	39.91	5.53	49.25	2.54
Graisse	2.94	1.82	3.41	2.09	0.81

II. Sans addition de sulfate de fer.

	FÈVES.	PAILLE de fève.	BLÉ.	PAILLE de blé.	NAVETS.
Hydrates de carbone solubles	49.32	38.24	66.21	31.95	6.29
Cellulose	7.93	33.67	2.98	43.69	1.45
Graisse	1.65	1.03	1.32	1.48	0.32

Évaluation faite par le docteur Russel des proportions relatives de chlorophylle contenues dans les feuilles.

FEUILLES.	A POIDS ÉGAUX.	A SURFACES ÉGALES.
	—	—
Fèves avec sulfate de fer.	100	100
— sans —	76	79
Navets avec —	61	59
— sans —	39	40
Blé avec —	72	115
Blé sans —	81	100

Toutes les feuilles soumises à l'expérience avaient été cueillies le même jour et elles avaient le même âge.

Il résulte des nombres de ce dernier tableau que l'engrais au sulfate de fer augmente fortement la proportion de chlorophylle aussi bien « à égalité de surface », que « à égalité de poids » — sauf toutefois pour le blé. — Griffiths en conclut comme ci-dessus, paragraphe II, que le fer contribue à l'alimentation des grains de chlorophylle.

Conclusions.

I. — Les engrais contenant du fer sont très favorables aux plantes qui produisent beaucoup de chlorophylle, comme les fèves, les choux et les navets. (*Journal of the Chemical Society*, 1884, pages 71-75.)

II. — Ces mêmes engrais augmentent la proportion des hydrates de carbone solubles, de la cellulose et de la graisse dans certaines plantes ; ce qui est la conséquence de l'accumulation de la chlorophylle dans les feuilles ; car la chlorophylle forme de l'amidon, qui se transforme ensuite en hydrates de carbone, cellulose, etc. (*Recueil déjà cité*, 1885, page, 53.)

III. — Lorsqu'on examine au microscope, avec un très fort grossissement, des coupes faites dans les feuilles des plantes citées ci-dessus, on y découvre des cristaux monocliniques sur lesquels on peut constater les réactions chimiques de l'acide sulfurique et des sels de protoxyde de fer. Ce sont donc des cristaux de sulfate de protoxyde de fer hydraté. (*Même recueil,* 1883, pages 125-197.)

IV. — Dans certains cas, la teneur en acide phosphorique dans les cendres des plantes s'accroît, sous l'influence de l'engrais ferreux, en même temps que celle du sesquioxyde de fer. (1884, pages 71-75.)

V. — Mais si le sulfate de fer est susceptible d'accroître les récoltes, il devient un poison pour les plantes lorsqu'il est employé en excès; en particulier, une solution contenant 1/5 p. 100 de sulfate de fer est fatale à la plupart des végétaux. (*Chemical News*, tome 50, pages 167 et 193.)

VI. — Le soufre du sulfate de fer active la formation du protoplasma des cellules; et le fer de ce même sel favorise le développement de la chlorophylle. (*Chemical News*, tome 49, pages 237 et 265 ; tome 50, page 32.)

VII. — Le sulfate de fer augmente, dans une certaine mesure, la teneur des plantes en azote. (Voir ci-dessus.)

VIII. — Ce même sel accroît la proportion de chlorophylle dans les feuilles. (Voir plus haut les déterminations du Dr Russel.)

IX. — Enfin le sulfate de fer agit dans le sol comme un antiseptique de certains parasites qui altèrent les récoltes. (Voir ci-dessus.)

X. — La partie de la lumière blanche la plus favorable à l'absorption radiculaire est comprise entre les raies D et E de Fraunhofer. (*Journal of the Chemical Society*, 1884, pages 74-75.)

RÉSUMÉ DES RECHERCHES DE M. E. WOLFF

SUR

L'ALIMENTATION DU CHEVAL

(EXPÉRIENCES D'HOHENHEIM : 1876 A 1885)[1]

PAR

J. DUGAST

DIPLOMÉ DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE, EN MISSION D'ÉTUDES A L'ÉTRANGER



Jusqu'en 1876, les expériences physiologiques entreprises sur le bétail avaient eu principalement pour objet les ruminants. Le professeur E. Wolff pensa alors à appliquer au cheval les méthodes qui avaient été déjà employées avec succès pour les autres animaux de la ferme et des expériences furent immédiatement instituées dans cette voie.

Le cheval étant essentiellement un animal de travail, un moteur animé, il était indispensable de pouvoir mesurer sa force motrice afin d'être en mesure d'établir une relation entre l'effort développé et les aliments digérés, à l'instar de celle qu'on avait précédemment déterminée chez les animaux soumis à l'engraissement, entre la production de la viande et la partie utilisée de la ration.

Après bien des tâtonnements, E. Wolff s'arrêta à un appareil qui lui parut mesurer avec une exactitude suffisante la traction du cheval.

Cette difficulté étant surmontée, il put commencer ses recherches sur le rôle des éléments des fourrages dans la production de la force

1. Dans nos *Études expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait* (voir ces *Annales*, t. II, année 1884), nous avons résumé dans l'historique qui précède l'exposé de nos recherches personnelles, les premiers travaux de M. le prof. E. Wolff. Quelques passages du travail de M. Dugast forment donc double emploi avec notre étude, mais j'ai pensé utile, en raison de l'importance du sujet, de ne rien modifier, sur ce point, à l'étude de M. Dugast. L. GRANDEAU.

et sur la détermination des coefficients de digestibilité des divers principes immédiats.

Il résolut en outre d'entreprendre des expériences comparatives de digestibilité avec le mouton. Des moutons furent installés dans les compartiments voisins des stalles occupées par les chevaux en expérience et nourris avec les mêmes fourrages.

L'ensemble de ces recherches considérables, à la fois, par leur étendue, par l'importance de la question et par le nombre des déterminations numériques, présente un intérêt de premier ordre pour les personnes qui s'occupent de l'alimentation des animaux.

Les résultats obtenus dans ces nombreux essais sur l'alimentation, par E. Wolff et ses collaborateurs, ont fait l'objet de nombreux mémoires insérés dans les journaux allemands.

E. Wolff les a récemment discutés et résumés dans un ouvrage qui a paru comme « programme » du soixante-septième anniversaire de l'Académie agricole d'Hohenheim [1]. Dans son livre, il s'est attaché à grouper les résultats des expériences, en réunissant les faits de même ordre, de manière à faire mieux ressortir les renseignements qui peuvent en découler, tout en ayant soin d'indiquer qu'en dehors de celles établies expérimentalement, les conclusions qu'on peut en tirer doivent être considérées comme provisoires et ne sauraient être généralisées. Des recherches ultérieures pourront ou les confirmer, ou les modifier.

Les expériences qui se poursuivent actuellement à Hohenheim avec une remarquable activité font espérer que bien des points encore imparfaitement éclaircis seront, dans un avenir prochain, éclairés d'un jour nouveau.

Je veux simplement essayer d'analyser ici très succinctement le livre de l'éminent professeur Wolff, résumant les recherches exécutées pendant neuf années consécutives, de 1876 à 1885. J'espère ainsi donner une idée nette, bien que forcément incomplète, de l'ensemble des remarquables travaux de la station d'Hohenheim.

Ce résumé, si incomplet qu'il soit, suffira pour montrer les difficultés expérimentales que soulève leur étude et le chemin qui reste encore à parcourir.

---

1. *Grundlagen für die Fütterung des Pferdes,* von E. Wolff.

I. — Plan général des expériences.

Tous les essais entrepris depuis 1876 à Hohenheim ont porté sur trois chevaux hongres. Le premier (cheval n° I) était un cheval de gros trait, âgé de 10 ans et d'un poids vif de 534 kilogr., au début des expériences. Il avait l'habitude de ne jamais se coucher; pour se reposer pendant la nuit, il s'appuyait contre les parois latérales de la stalle. La digestion se faisait bien et très régulièrement. Au mois de janvier 1881, il mourut d'une attaque de colique.

Un nouveau cheval fut alors acheté (n° II) ; ce dernier était âgé de 8 ans, d'un poids vif de 500 kilogr. environ. Pendant la nuit, il se couchait irrégulièrement si on lui mettait l'*urinal*. L'état de santé de l'animal est resté constamment bon. Il fut vendu au mois d'août 1884.

En février 1882 on se procura un troisième cheval (n° III) qui est encore actuellement utilisé à Hohenheim. Cet animal, très doux, se prête parfaitement à des recherches exactes sur l'alimentation. Excellent mangeur, il est en outre un sujet précieux en ce qu'il supporte sans être incommodé l'urinal et le tablier ; il se couche et se lève sans que les appareils soient dérangés ou déchirés. Attelé au manège il tire régulièrement, sans secousses. Il était âgé de 6 ans 1/2 au moment de son acquisition et d'un poids vif de 475 kilogr.

Les stalles aménagées pour recevoir les chevaux en expériences sont dallées en bitume dur, légèrement en pente d'avant en arrière et de gauche à droite.

Une crèche en fonte émaillée reçoit la ration, et sa disposition permet de n'en rien perdre. La ration donnée était exactement pesée ainsi que l'eau consommée. Chaque période d'expérience a duré, en général, au moins 14 jours consécutifs.

L'urine était complètement recueillie dans une poche en caoutchouc (*urinal*) attachée contre la paroi abdominale par une sorte de sous-ventrière, et de là se rendait par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc dans une grande bonbonne en terre, placée dans une excavation pratiquée derrière la stalle et recouverte d'un plancher pouvant à volonté s'enlever pour retirer la bouteille.

Pour le travail au manège on ne mettait l'urinal que lorsque le

nombre des tours dépassait 300 ; on avait alors soin de vider la poche après la miction. Avec un nombre de tours ne dépassant pas 300, le cheval n'urinait jamais pendant le travail.

Les excréments solides étaient recueillis, chez le cheval au repos, à l'aide d'un tablier en toile, large de $0^m,60$, fixé à la croupe du cheval, un peu au-dessous de l'anus, et maintenu flottant par des cordes sur poulies convenablement disposées pour que ce tablier ne se dérangeât pas par les mouvements de l'animal. L'extrémité inférieure de ce tablier se prolonge au-dessus d'une caisse en zinc qui occupe à peu près toute la largeur de la stalle, de telle sorte que les excréments solides se rassemblent sans perte dans cette caisse. Deux barres rigides fixées aux colonnes terminant les parois latérales de la stalle empêchent le cheval de reculer jusqu'à cette caisse, et l'ensemble de l'appareil permet au cheval de se mouvoir à droite et à gauche, même de se coucher, sans qu'on ait à craindre de perdre une partie des excréments.

Pendant le travail au manège, la partie inférieure du tablier est fixée au brancard même du manège et maintenue, à l'autre extrémité, à la croupe du cheval comme dans la stalle ; on a ainsi une sorte de poche dans laquelle viennent s'accumuler les excréments.

Les chevaux faisaient 3 repas par jour, constitués par des rations égales en poids, savoir : 1° à 6 heures du matin ; 2° à 11 heures ; 3° à 5 heures 1/2. Ils buvaient également trois fois par jour : à 8 heures 3/4 du matin, midi 1/2 et 6 heures du soir. L'eau leur était donnée à volonté dans un seau, mais la quantité d'eau bue était déterminée par deux pesées successives du seau, avant et après boire.

Les chevaux étaient pesés régulièrement à 8 heures 3/4 du matin, après le premier repas et immédiatement avant qu'on les fît boire. Le poids vif indiqué pour chaque période est toujours la moyenne des pesées exécutées pendant les trois derniers jours de la période. Lorsque les chevaux étaient attelés au manège, ils travaillaient deux fois par jour ; le travail commençait à 8 heures du matin et à 1 heure de l'après-midi. La température était notée à 7 heures du matin et à 2 heures de l'après-midi. Pendant l'hiver, la pièce où se trouvaient les animaux en expérience était chauffée avec un poêle et maintenue à environ 12°.

Le travail était mesuré à l'aide du manège dynamométrique imaginé par le professeur Kankelwitz, de Stuttgart, et construit par J. M. Voith à Heidenheim[1].

Le cheval est attelé à la tête *i* d'un levier coudé dont l'axe de rotation est ajusté verticalement dans un archet R vissé à l'extrémité du bras *h* du manège. La piste E est circulaire et mesure 8^{m},40 dans son diamètre moyen. (Voir ces *Annales*, t. II, 1884, p. 347 et suiv.)

Le travail du cheval est le résultat d'un frottement engendré par la rotation du couvercle bombé A sur la plate-forme fixe B. Le poids du couvercle A presse d'abord sur le disque en fonte G, celui-ci presse à son tour des disques en fer forgé *mn, m'n'*, etc., pouvant s'agencer isolément. En ajoutant des poids sur le couvercle et en faisant varier la disposition des disques, l'effort de traction du cheval peut être porté de 17 à 168 kilogr. Pour rendre le frottement aussi uniforme que possible, les disques plongent dans un mélange d'huile et de pétrole : 16 poids de 40 kilogr. chacun servent à surcharger le couvercle.

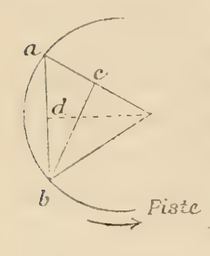
Un contrepoids maintient le centre de gravité de tout l'appareil sensiblement dans l'axe de rotation. L'autre extrémité du levier est mise en relation par une tringle avec un second levier coudé qui porte à son autre extrémité une tige, un plateau circulaire et un piston ajusté dans le vase. La traction du cheval a pour effet de faire mouvoir l'extrémité du levier de gauche à droite. Si l'on charge, au contraire, à l'aide de poids suffisamment lourds, le plateau D, le levier se meut en sens inverse ; en ajoutant des poids en quantité convenable, il est facile d'amener l'extrémité du levier à osciller librement devant l'indicateur ; les poids qu'on ajoutera ensuite permettront de déterminer expérimentalement la grandeur de l'effort de traction du cheval.

La somme des poids de la tige, du piston et du plateau représente un effort de traction de 33 kilogr. Une surcharge de 1 kilogr.

---

1. Ce manège a déjà été décrit par M. L. Grandeau (voir *Recherches expérimentales sur l'alimentation du cheval de trait* et *Annales de la Science agronomique*, t. II, 1884), aussi je n'indique ici sommairement que ce qui est indispensable pour qu'on puisse se rendre compte de la manière dont le travail a été mesuré et je renvoie pour les figures au travail de MM. L. Grandeau et Leclerc. J. D.

sur le plateau correspond à un effort de traction de 2 kilogr. Pour que l'extrémité oscille à des distances égales à droite et à gauche de l'indicateur, il ne faut imprimer au piston qu'un mouvement lent. On atteint ce but en remplissant le vase d'un liquide : on emploie le pétrole qui a en outre l'avantage d'empêcher la rouille de se produire et d'éviter la congélation pendant l'hiver. Les poids qui servent de surcharges sont des disques pesant chacun 5 kilogr., pourvus d'une large encoche permettant de les disposer l'un sur l'autre, autour de la tige, sur le plateau ; pour établir l'équilibre final, on se sert de poids plus faibles.



L'animal tirant dans la direction *ab*, la traction T du cheval est plus grande, par suite de la direction oblique, que la force G perpendiculaire au levier nécessaire pour le mouvement de la charge. O. Kellner calcule comme suit la traction T :

On mesure directement sur le manège lui-même la force G, et l'on a :

$$\frac{T}{G} = \frac{ab}{bc}$$

or,

$$\frac{ab}{bc} = \frac{ao}{do} = \frac{ao}{\sqrt{(ao)^2 - (da)^2}} = \frac{ao}{\sqrt{(ao)^2 - \left(\frac{ab}{2}\right)^2}} = \frac{2ao}{\sqrt{4(ao)^2 - (ab)^2}}.$$

En substituant dans la dernière formule les données numériques on obtient :

$$\frac{T}{G} = 1.0937.$$

Pour obtenir l'intensité de la traction du cheval, il suffisait donc de multiplier par 1.093 la force mesurée directement au manège [1].

A cela il faut encore ajouter la force que le cheval déploie pour son propre transport, savoir : 1° translation horizontale du corps ;

1. Dans le cours des six années d'expériences que nous avons faites au laboratoire de la Compagnie générale des voitures à Paris, nous avons eu l'occasion de faire d'importantes observations sur la mesure du travail effectué au manège de Kaukelwitz. Nous aurons occasion d'en parler ultérieurement : cette note a pour objet de faire nos réserves sur les résultats obtenus à l'aide de ce manège pour la mesure du travail utile effectué par le cheval. L. G.

2° soulèvement vertical du corps. O. Kellner emploie les formules des frères Weber pour calculer la grandeur du travail ainsi développé. Ce calcul est basé sur les deux hypothèses suivantes : 1° pour le transport du corps en avant, il n'y a qu'à poser la force vive que gagne la jambe soulevée pendant le temps qu'elle se soulève et qu'elle reperd au moment où elle touche le sol ; pour le soulèvement du corps, la hauteur à laquelle s'élève le centre de gravité est celle à laquelle il s'élève au moment où la jambe de devant, arrivée à la position verticale, est subitement levée.

Pour la vitesse que la jambe soulevée possède au moment du soulèvement, les frères Weber donnent la formule suivante :

$$\left(1 + rnt\frac{\pi}{T}\right) c.$$

c = la vitesse du centre de gravité du corps : (0m,733 en moyenne dans les expériences).

r = le rapport de la longueur de la jambe entière à la distance entre le centre de gravité m du corps et le centre de gravité m' de la jambe : la longueur de la jambe de devant étant de 0m,95 et celle de la jambe de derrière 1m,45 ; en moyenne 1m,20.

$$r = \frac{1{\cdot}20}{0{\cdot}24} = 5$$

$$n = \sqrt{1 + \frac{r\,(h - s)^2}{gl + l}};$$

h = hauteur verticale de la jambe = 1m,15.

s, soulèvement vertical du corps dans le temps t = 0m,0225 ; g = 9.808.

l = longueur de la jambe lors de la plus grande extension = 1m,325.

t, le temps où le cheval pose sur une jambe = 0sec,80.

T = la durée du mouvement oscillatoire (un pas) = 2 secondes ; π = 3,141516.

Le poids moyen d'une jambe, pour un poids vif total de 500 kilogr., étant évalué à 30 kilogr., la masse m' est alors :

$$m' = \frac{30}{g} = 3.06$$

ou pour les quatre jambes = 12.24.

$$\frac{1}{2} m V^2 = 5^{kgm},20$$

pour un pas, ou, en nombre rond, 100 kilogr. pour un tour (18 pas) au manège. Le travail pour le transport du corps en avant pendant 100 tours s'élève, d'après cela, à 10000 kilogrammètres.

A cela s'ajoute encore le travail pour le soulèvement vertical qui se monte, en moyenne, à $0^m,045$ pour un pas complet. Pour un poids vif de 500 kilogr., 100 tours (1800 pas) exigent alors un travail de :

$$500 \times 0.045 \times 1800 = 40000 \text{ kilogrammètres en nombre rond.}$$

Le travail total de 100 tours de manège, sans aucune traction, se monte donc, en chiffres ronds, à 50000 kilogrammètres. Cette évaluation, ajoute O. Kellner, ne prétend qu'à une exactitude approximative, les données relatives à la position du centre de gravité, au poids des jambes, etc., ne reposant elles-mêmes que sur une évaluation approchée [1].

Dans les fourrages et les excréments solides on a dosé l'eau, la substance sèche, les cendres brutes et pures, la graisse, la protéine et la cellulose brutes, les extractifs non azotés, par la méthode de Weende (Weender-Méthode) [2].

Dans un certain nombre de fourrages, on a aussi séparé les corps azotés protéiques des corps non protéiques. Ces derniers sont, comme on sait, de nature très différente : des amides, asparagine, glutamine ; des acides amidés, leucine, tyrosine ; des peptones ; de l'ammoniaque ; des nitrates ; etc. A ce propos je ferai remarquer que l'état actuel de la science ne permet pas de doser séparément et exactement tous ces principes, aussi se borne-t-on à séparer les matières

1. D'après les expériences exécutées au Laboratoire de la Compagnie générale des voitures, le manège dynamométrique ne mesurerait pas exactement le travail développé, la traction pour un même nombre de tours de manège variant avec la vitesse.

Je ferai cependant remarquer que pour les expériences faites à Hohenheim, toujours à la même allure, par conséquent avec une vitesse sensiblement égale, tout au moins pour le même cheval, cette cause d'erreur n'a pas dû modifier notablement les résultats.

2. Cette méthode, connue de tous les chimistes agricoles, se trouve décrite dans l'excellent *Traité d'analyse des matières agricoles* de M. L. Grandeau. J. D.

protéiques, par le procédé de A. Stutzer[1], et à doser l'azote dans ces matières par la méthode de Kjeldahl modifiée par H. Wilfarth[2].

Le tableau suivant résume les résultats obtenus à Hohenheim avec les fourrages employés aux essais.

	AZOTE NON PROTÉIQUE p. 100 de l'azote total.
Foin de prairie (7 sortes)	11.93
— de trèfle (4 sortes)	15.70
— de luzerne (2 sortes)	17.30
Pommes de terre	40.10
Carottes	45.10
Féveroles	9.60
Pois	1.80
Orge	1.40

De ce tableau, il ressort que parfois une notable proportion de l'azote total peut se présenter sous la forme non protéique[3].

Dans certains essais on a aussi dosé l'azote dans l'extrait d'éther et l'extrait d'alcool des excréments solides : et, dans la solution aqueuse, le soufre combiné à la matière organique (taurine).

Dans les urines, on a dosé l'urée sur 200^{cc} d'urine filtrée par le procédé de Liebig ; l'azote total par évaporation d'un demi-litre d'urine dans une capsule d'Hofmeister après addition d'acide oxalique, le résidu étant brûlé avec de la chaux sodée. A partir du mois de janvier 1885, on a remplacé ce procédé par la méthode de Kjeldahl. Enfin on a exécuté le dosage des matières minérales dans les fourrages et dans les excréments solides et liquides.

Les excréments et l'urine des 5 derniers jours d'expérience de chaque période étaient recueillis exactement, pesés et analysés[4].

1. *Repertorium der Analytischen Chemie,* n° 10, V. Jahrgang.

2. *Chemisches Central-Blatt,* n° 7, XVI, Jahrgang.

3. Voir pour cette question les résultats insérés dans la table III du livre de E. Wolff, *Landw. Fütterungslehre,* 4e édit.

4. Malgré l'imperfection des procédés de dosage employés, on peut tirer de ces expériences comparatives des conclusions importantes, car on a eu soin d'opérer toujours dans des conditions identiques, par les mêmes méthodes, de façon à rendre les résultats comparables entre eux. J. D.

I. — Essais comparés sur la digestion des fourrages chez le cheval et chez les ruminants.

1.

La ration journalière peut être faible ou forte, varier en quantité, sans que pour cela la digestibilité des fourrages soit influencée. La digestibilité des divers fourrages qui entrent dans la ration, c'est-à-dire le tant p. 100 de chacun des principes nutritifs de ces fourrages utilisés dans la digestion, paraît indépendante des quantités de chacun d'eux.

Ce fait qui avait déjà été signalé chez les ruminants se retrouve chez le cheval. Il se reproduit aussi bien avec les aliments concentrés, avoine, féveroles, maïs, qu'avec les fourrages bruts, paille, foin de prairie, de luzerne, du moins dans les limites de variation qui se présentent dans la pratique. Ce point est d'une grande importance, car il permet de calculer les rations.

Une alimentation exclusive au foin de luzerne a donné les résultats suivants pour le cheval et le mouton :

	FOIN de luzerne en kilogr.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Matière grasse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
	Kilogr.						
Cheval . . .	8	55.20	55.94	73.51	»	32.97	69.94
	10	55.47	57.97	73.25	»	37.05	70.91
	12	60.61	61.07	77.03	»	42.88	71.83
Mouton . . .	0kg.8	58.84	60.80	72.12	26.34	43.58	70.61
	1 .0	60.34	61.87	74.76	30.84	48.46	68.28
	1 .2	60.96	62.43	73.94	31.72	47.46	70.53

Les essais ont été faits simultanément et avec le même foin.

Des essais comparatifs exécutés en donnant une quantité constante de foin de prairie et des quantités variables de féveroles ont fourni des résultats analogues.

	FOIN.	FÉVEROLES	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
			Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Matière grasse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
	Kilogr.	Kilogr.						
Cheval	7kg,5	2kg,5	85.32	87.98	83.70	13.78	96.22	91.83
	id.	4	85.03	88.22	87.08	12.46	60.26	93.93
	id.	2kg,5	84.61	85.74	84.51	13.36	59.00	91.15
Mouton	0kg,75	0kg,24	88.63	91.47	87.16	100.00	100.00	87.97
	id.	0 ,40	90.38	92.07	89.73	88.55	83.07	94.33
	id.	0 ,80	82.49	85.19	84.46	63.91	52.52	91.21

2.

La quantité de travail exécuté par jour n'influe pas sur la digestibilité, pourvu qu'on ne demande pas à l'animal un effort exagéré. Cela résulte du moins d'un travail variant du simple au triple et exécuté au pas au manège. C'est ce mode de travail que nous trouvons chez le cheval de labour de gros trait.

M. Wolff fait des réserves pour le travail de vitesse au trot et au galop à cause de la vivacité des mouvements, le mode de mouvement suivant lequel le travail est produit pouvant exercer une notable influence. Dans 5 périodes successives, dont chacune avait une durée de 15 jours, la ration du cheval est restée invariable, le travail journalier seul a varié. Voici les résultats obtenus :

PÉRIODES.	NOMBRE de tours.	KILOGRAMMÈTRES	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
			Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
1	300	670000	56.55	58.73	70.84	52.95	31.21	68.27
2	600	1340000	56.46	58.42	67.63	52.55	29.03	69.61
3	900	2010000	56.28	58.46	69.95	45.30	32.33	68.27
4	600	1340000	54.02	56.41	66.62	48.74	25.82	67.65
5	300	670000	52.55	54.82	68.21	45.39	20.95	64.41

La charge était de 60 kilogr. et la ration se composait de 6 kilogr. d'avoine, 5 kilogr. de foin, 1kg,5 de paille de blé d'hiver hachée et de 12 grammes de sel [1].

Dans un autre essai, comprenant 3 périodes, les résultats obtenus ont été identiques comme le montre le tableau suivant. La charge était de 76 kilogr. et la ration composée de 7kg,5 de foin de prairie et de 4 kilogr. de féveroles.

PÉRIODES.	NOMBRE de tours.	KILOGRAM-MÈTRES.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
			Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
1	300	808000	58.17	60.04	77.46	24.00	38.55	66.80
2	900	2424000	56.31	58.48	75.00	12.61	34.73	67.30
3	300	808000	55.62	57.69	74.60	10.12	34.54	66.05

La concordance ressort encore plus clairement si on calcule, comme l'a fait M. Wolff, la quantité journalière de chacun des principes digérés. On a, par exemple, pour la protéine, les chiffres suivants :

PÉRIODES.	PROTÉINE BRUTE DIGÉRÉE.
1	1390gr,9
2	1355 ,2
3	1355 ,1

Les différences individuelles paraissent encore, chez le cheval, influer davantage sur la puissance de digestion que chez les autres espèces animales agricoles. Le cheval n° 3 mangeait très vite et digérait moins bien que le n° 2. Entre le n° 1 et le n° 2 se trouve aussi une différence en faveur du n° 1, mais moindre. Les différences sont plus marquées avec une alimentation riche en protéine.

Deux essais exécutés avec le n° 1 et le n° 2 ont donné, en moyenne, les résultats suivants :

1. Les 12 grammes de sel entrent dans la composition de toutes les rations.

	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
	Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
Cheval n° 1	59.29	60.93	61.44	32.64	44.80	70.07
— 2	56.54	58.21	58.69	29.43	37.85	68.84
Différence	2.75	2.72	2.75	3.21	6.95	1.23
Différence p. 100.	4.64	4.46	4.47	9.84	15.51	1.75

Dans l'un des essais, les chevaux recevaient chacun $7^{kg},5$ de foin de prairie et $4^{kg},5$ d'avoine ; dans l'autre, la ration était exclusivement composée de foin : 12 kilogr. au n° 1 et $10^{kg},5$ au n° 2.

Une série de 12 essais exécutés avec le cheval n° 2 et le n° 3, recevant une ration identique et composée exclusivement de foin de prairie et d'avoine avec addition, dans certains cas, de féveroles et d'amidon, a fourni les résultats suivants :

	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
	Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
Cheval n° 2	57.88	59.34	66.66	46.97	41.39	67.56
— n° 3	53.13	55.01	61.02	39.28	35.40	64.12
Différence. . . .	4.75	4.33	5.62	7.69	5.99	3.44
Différence p. 100.	7.72	7.17	7.89	16.04	13.75	5.10

M. Wolff estime que les coefficients moyens résultant de ces nombreux essais peuvent représenter ceux qu'on obtiendrait avec un cheval d'un âge moyen et en bonne santé.

Le cheval n° 2 buvait en moyenne, par jour, toutes choses égales d'ailleurs, moins que le n° 3 et celui-ci moins que le n° 1.

C'est avec une alimentation exclusivement composée de foin de prairie que le maximum d'eau a été absorbé sous forme de bois-

son, alors que la teneur en matière sèche des fèces se montre la plus faible.

La quantité d'eau ingérée croît aussi avec le travail développé par l'animal, comme le montre le tableau suivant :

	NOMBRE DE TOURS, LA TRACTION ÉTANT DE 60 KILOGR.				
	300	600	900	600	300
Cheval n° 1, eau ingérée. .	36kg,17	39kg,38	44kg,09	40kg,35	32kg,06

Pendant l'expérience, la température est restée à peu près constante ; la ration était la même.

Il faut remarquer que la moitié environ de l'eau bue se retrouve dans les excréments, un quart dans l'urine et un quart est perdu par évaporation, comme l'indique le tableau ci-dessous qui résume les 12 essais déjà cités.

		EXCRÉMENTS.	URINE.	ÉVAPORATION.	BOISSONS.
Cheval n° 1 .	Eau	11641 gr.	5406 gr.	5373 gr.	22420 gr.
	Eau	51.9 p. 100	27.5 p. 100	23.6 p. 100	100
Cheval n° 2 .	Eau	13742 gr.	7936 gr.	6852 gr.	28530 gr.
	Eau	48.2 p. 100	27.8 p. 100	24 p. 100	100

3.

Les recherches exécutées avec trois espèces de foin de prairie ont montré que le taux des matières azotées des produits de désassimilation (sécrétions déversées dans l'intestin et expulsées avec les excréments, bile, mucus, etc.) reste assez constant et, proportionnellement au poids vif, plus élevé chez le cheval que chez le mouton, comme on le voit à l'inspection du tableau suivant :

Les essais comparatifs exécutés en même temps sur le cheval et le mouton, avec des foins de qualité différente, se trouvent aussi résumés dans ce tableau.

Le cheval recevait 10 kilogr. par jour et le mouton 0kg,100 :

1° foin coupé le 14 mai ;

2° — — 9 juin, au moment de la floraison ;

3° — — 26 juin, après la floraison.

Le poids d'un mouton était le 1/10 de celui du cheval.

		Azote des produits de désassimilation		Azote total	
	extrait d'alcool et d'éther.	taurine.	en tout.	dans le fourrage.	dans les excréments.
	grammes.				
Cheval. 1re coupe	5,064	1.533	6.597	213.76	66.72
Cheval. 2e —	3,977	1.431	5.408	150.43	51.06
Cheval. 3e —	4,280	1.265	5.545	117.25	44.74
Moyenne.	4,440	1.410	5.850	160.48	54.17
Mouton. 1re coupe	0,164	0.096	0.260	22.10	5.75
Mouton. 2e —	0,245	0.083	0.328	15.04	3.94
Mouton. 3e —	0,223	0.138	0.361	11.73	5.12
Moyenne.	0,210	0.105	0.316	16.29	4.94

Il ne faut pas cependant en conclure que le coefficient de digestibilité de la protéine brute soit moindre chez le cheval que chez le mouton. Par l'emploi de la méthode usitée jusqu'ici, c'est-à-dire : analyses du fourrage, des déjections, de la substance digérée : ce serait plutôt l'inverse, comme nous le verrons plus loin [1].

Foin.

Le foin de prairie est moins bien utilisé par le cheval que par les ruminants. Pour le cheval, comparé au mouton, la diminution en substance organique digérée est de 10 à 12 p. 100 de la masse du foin sec. Cela résulte des expériences que nous allons relater.

1. Je crois utile de présenter quelques observations à ce sujet. La différence entre ce qui constitue la ration et ce qui reste dans les excréments solides ne donne des coefficients de digestibilité exacts qu'autant que l'état de l'animal reste constant ; car, on peut alors supposer que les produits de désassimilation mélangés aux excréments ne changent pas. Pour la cellulose, une autre cause d'erreur consiste dans la fermentation qui se produit dans le gros intestin, avec dégagement de gaz des marais, d'acide carbonique et formation d'acides gras volatils. L'influence perturbatrice de la bile est encore plus grave pour la graisse, si surtout on se rappelle qu'elle se trouve souvent en assez petite proportion dans les fourrages. J. D.

La protéine est en moyenne aussi bien digérée par le cheval que par le mouton. Au contraire, il y a une différence très importante en faveur du mouton pour la graisse et la cellulose. Cette différence est de 30 en moyenne pour la graisse, soit 0.86 en calculant la portion digérée par rapport à la substance sèche totale du fourrage, de 20 pour la cellulose, soit 6.61, calculée comme précédemment.

La quantité des substances solubles dans l'éther dans les excréments du cheval est donc proportionnellement plus grande et l'utilisation de la graisse paraît faible ; pour le foin de prairie elle s'élève en moyenne à 52 p. 100 chez le mouton, et seulement à 22 p. 100 chez le cheval, de la quantité totale se trouvant dans le fourrage.

16 sortes de foin ont été employées aux essais, 12 simultanément avec le cheval et le mouton, et 4 avec le cheval seulement.

Voici la composition des foins consommés :

	PROTÉINE brute.	GRAISSE brute.	CELLULOSE brute.	EXTRACTIFS non azotés.	CENDRES.
Moyenne des 12 sortes. .	11.10	2.87	32.76	44.53	8.74
— 16 sortes. .	11.11	2.89	32.55	44.90	8.55
Maximum	13.69	3.96	38.15	47.10	11.02
Minimum	8.46	2.22	26.82	43.17	6.38

Je laisse ici de côté un foin coupé de très bonne heure, le 14 mai, et qui ne saurait être comparé aux autres.

Tous les résultats obtenus dans l'utilisation des principes immédiats sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU.

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ (12 sortes). Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse	Cellulose.	Extractifs.
Moyenne. Cheval. .	15	48.56	50.37	59.84	21.78	40.58	58.67
Moyenne. Mouton. .	27	59.29	62.11	60.13	51.92	60.75	65.59
Différence. . . .		10.73	11.74	0.29	30.14	20.17	6.92
Cheval. maximum. .		42	43	51	10	33	49
Cheval. minimum. .		55	62	69	42	57	67
Mouton. maximum. .		55	57	53	43	51	56
Mouton. minimum. .		65	76	73	65	80	76
		COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ (16 sortes).					
Cheval. moyenne. .	23	49.18	50.78	59.17	19.75	41.32	58.67
Cheval. minimum. .	23	42	43	51	42	33	56
Cheval. maximum .	23	58	62	69	7	57	76

Pour les extractifs non azotés (amidon, sucre, etc.) la puissance de digestion, chez les deux espèces, est plus voisine, la différence, toujours en faveur du mouton, est d'environ un tiers; calculée par rapport à la substance sèche elle égale à peine la moitié : 3.13 p. 100 (voir le 2e tableau qui suit). Il résulte de cette dépression dans la digestibilité de tous les principes immédiats non azotés, chez le cheval, tandis que la protéine est également bien digérée, que le rapport nutritif est plus étroit dans la substance digérée par le cheval que dans celle digérée par le mouton : en moyenne, pour les 12 foins de bonne qualité qui ont servi aux essais, $\frac{1}{7.9}$ et $\frac{1}{6.16}$, soit une différence de 1.74.

Le rapport nutritif, c'est-à-dire la relation entre la protéine et les principes non azotés, se calcule de la manière suivante : la graisse $\times$ par le facteur 2.44 + la cellulose + les extractifs, donnent une somme qui est divisée par la protéine. Cela fait, pour exprimer le rapport nutritif, on se sert d'une fraction dont le numérateur représente la protéine égale à l'unité et dont le dénominateur est formé par le quotient de la fraction, en désignant chacun des principes di-

gérés par les lettres G, C, E et P, le rapport nutritif peut s'exprimer par la formule suivante :

$$R = \frac{1}{\frac{P}{E + C + G \times 2.44}}$$

Si l'on réunit les 12 et 16 sortes de foin employées dans les essais en 4 groupes, d'après leur plus ou moins grande richesse en protéine, on trouve que le coefficient de digestibilité de tous les principes du foin, chez le cheval comme chez le mouton, diminue avec la teneur en protéine, à l'exception de la graisse, chez le cheval. Mais la diminution pour la protéine est plus rapide que pour la cellulose et surtout les extractifs.

SORTES DE FOIN.	PROTÉINE P. 100.
a) N° 3.	17.65
b) N°s 1, 4, 7, 11.	11.2 à 12.9
c) N°s 6, 9, 10, 12.	9.9 à 10.9
d) N°s 2, 5, 8.	8.5 à 9.5

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.
(*a*) Cheval	2	65.16	75.81	73.29	65.44	79.50	75.65
Mouton	1	54.05	62.05	68.80	13.43	57.01	65.77
Différence		11.11	13.76	4.49	52.01	22.49	9.88
(*b*) Cheval	10	62.46	64.23	64.62	53.82	63.15	65.08
Mouton	6	50.18	51.31	62.00	20.04	42.12	57.25
Différence		12.28	12.92	2.62	33.78	21.03	7.83
(*c*) Cheval	8	56.45	58.72	56.76	51.41	55.70	61.55
Mouton	4	46.68	47.71	57.40	24.07	36.19	55.37
Différence		9.79	11.01	— 0.64	27.34	19.51	6.18
(*d*) Cheval	7	57.03	59.19	54.18	45.54	58.01	61.65
Mouton	4	47.06	47.22	57.22	23.49	38.90	55.92
Différence		9.97	11.97	— 3.04	22.05	19.11	5.73

En calculant la quotité digérée d'un principe, par rapport à la substance sèche du fourrage, on voit bien que cette partie, pour les principes non azotés, reste presque constante dans les 4 groupes et que la dépression, pour la substance organique totale, dépend seulement de la diminution de la protéine digestible.

	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs non azotés.	Substance organique.	Rapport nutritif.
(*a*) Mouton	12.94	2.09	18.26	30.91	64.20	$\frac{1}{4.1}$
Cheval	12.14	0.43	13.10	26.87	52.54	$\frac{1}{3.40}$
Différence. .	0.80	1.66	5.16	4.04	11.66	0.79
(*b*) Mouton. . . .	7.68	1.68	20.80	28.91	59.07	$\frac{1}{7.01}$
Cheval	7.37	0.63	13.87	25.43	47.30	$\frac{1}{5.46}$
Différence. .	0.31	1.05	6.93	3.48	11.77	1.55
(*c*). Mouton	5.86	6	18.83	27.61	53.66	$\frac{1}{8.49}$
Cheval. . . .	5.92	0.64	12.23	24.83	43.62	$\frac{1}{6.52}$
Différence. .	—0.06	0.72	6.60	2.78	10.04	1.97
(*d*) Mouton. . . .	4.82	1.26	19.97	28.03	54.08	$\frac{1}{10.6}$
Cheval	5.09	0.65	13.39	25.42	44.55	$\frac{1}{7.93}$
Différence. .	—0.27	0.61	6.58	2.61	9.43	2.67
MOYENNE DES 12 SORTES DE FOIN.						
Mouton. . . .	6.68	1.49	19.90	29.21	57.22	$\frac{1}{7.9}$
Cheval	6.64	0.63	13.29	26.08	46.61	$\frac{1}{6.16}$
Différence . .	0.04	0.86	6.61	3.13	10.58	1.74

L'examen des chiffres de ce tableau conduit aux conclusions suivantes :

Dans les catégories de foin de prairie les plus riches en matières azotées et qui sont le plus facilement digestibles, la différence dans la digestibilité de la protéine est en faveur des ruminants ; pour des foins de teneur moyenne elle est sensiblement la même pour les deux espèces animales ; enfin, pour les foins pauvres en protéine, cette dernière est même mieux digérée par le cheval, cependant les différences sont faibles.

Pour la graisse au contraire la différence diminue dans les sortes de foin les moins digestibles, de même pour les extractifs, mais à un moindre degré, tandis qu'elle reste assez constante avec la cellulose.

Par suite de cette divergence entre la protéine et les principes non azotés, les différences dans le rapport nutritif chez le cheval et le mouton doivent aller en augmentant avec la diminution de la teneur en azote du foin. Ces différences sont en effet, pour les 4 groupes, de 0.79, 1.55, 1.97 et 2.67.

Trèfle rouge.

Dans le phénomène de la digestion, le foin de trèfle se comporte chez le cheval et chez le mouton un peu différemment que le foin de prairie.

La protéine est aussi ici également bien digérée par les deux espèces animales, la différence pour la graisse brute est presque aussi grande qu'avec le foin de prairie, mais pour la cellulose elle est moindre : 12 au lieu de 20 p. 100.

Les extractifs non azotés sont également et même mieux digérés par le cheval que par les ruminants, en moyenne 2.3 p. 100 (63.48 au lieu de 61.46 p. 100). Un certain écart entre les rapports nutritifs existe toujours, mais il est moindre, 0.60 au lieu de 1.74.

4 sortes de trèfle ont été essayées simultanément avec le cheval et le mouton. La composition moyenne des quatre sortes était la suivante :

	PROTÉINE brute.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
Moyenne.	14.21	2.53	35.85	39.91	7.50
Maximum.	14.92	2.85	38.89	43.29	8.19
Minimum.	12.91	2.22	32.63	38.16	6.50

Si l'on rapproche les sortes d'après leur teneur en protéine on n'observe ici aucune différence.

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs.
Mouton. Moyenne des 4 sortes.	8	54.74	55.98	56.29	56.32	49.78	61.16
Cheval. Moyenne des 4 sortes.	5	50.56	51.25	55.67	28.73	37.38	63.48
Différence.		1.18	4.73	0.62	27.59	12.40	—2.32
Mouton. Maximum		57	58	58	62	52	64
Mouton. Minimum		54	55	55	56	48	58
Cheval. Maximum		55	55	60	31	39	67
Cheval. Minimum		48	49	51	28	35	61

En réunissant les foins de trèfle en deux groupes d'après leur teneur en cellulose brute, on constate que, par l'augmentation de cette substance, non seulement la digestibilité de tous les principes diminue, mais aussi, à l'inverse du foin de prairie, la différence entre les coefficients de digestibilité chez le cheval et chez le mouton devient plus grande.

	PROTÉINE brute.	GRAISSE brute.	CELLULOSE brute.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
(*a*) Nos 3-4.	14.50	2.83	33.73	41.59	7.35
(*b*) Nos 1-2.	13.92	2.23	37.97	38.11	7.67

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose.	Extractifs.
(*a*) Mouton.	4	55.35	56.49	55.68	59.98	48.86	62.75
Cheval	3	53.27	53.59	58.51	29.47	38.81	65.46
Différence. . .		2.08	2.90	—2.83	30.51	10.05	—2.71
(*b*) Mouton.	4	54.15	55.46	56.91	55.82	50.70	59.58
Cheval	2	47.89	48.90	52.82	27.98	35.95	61.51
Différence. . .		6.26	6.56	4.89	27.84	14.75	—3.93

Luzerne.

Les propriétés particulières que nous venons de constater avec le foin de trèfle ressortent encore mieux dans le foin de luzerne.

Quatre sortes de luzernes ont été employées aux essais et on a trouvé que la protéine est mieux digérée par le cheval que par le mouton. Cela est vrai à un plus haut degré encore pour les extractifs non azotés, pendant qu'en même temps l'inégalité dans la digestibilité de la cellulose reste toujours en faveur des ruminants, mais est moins élevée et maintes fois disparaît complètement.

La différence relative à la graisse est assez semblable à celle que l'on trouve pour le foin de prairie et le foin de trèfle. Celle entre les rapports nutritifs chez le cheval et le mouton est encore moindre : 3.75 — 3.41 = 0.34.

Composition des 4 sortes de luzerne.

	PROTÉINE brute.	GRAISSE brute.	CELLULOSE brute.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
Moyenne.	16.89	2.55	32.74	40.24	7.58
Maximum.	19.84	3.09	36.21	42.72	9.35
Minimum.	14.31	2.33	30.49	37.84	6.28

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine brute.	Graisse brute.	Cellulose brute.	Extractifs.
Mouton.	12	57.57	59.27	71.26	41.19	45.03	66.35
Cheval.	6	57.57	58.14	73.44	14.32	39.59	69.74
Différence . .		0.00	1.13	— 2.18	26.87	5.44	— 3.39

En calculant les coefficients de digestibilité, par rapport à la substance sèche, on obtient :

	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
	Protéine.	Graisse.	Cellulose.	Extractifs.	Substance organique.	Rapport nutritif.
Mouton	12.04	1.05	14.74	26.70	54.53	$\frac{1}{4.35}$
Cheval	12.40	0.37	12.96	28.06	53.79	$\frac{1}{3.95}$
Différence. . .	— 0.36	0.68	1.78	— 1.36	0.74	0.34

On peut donc dire qu'en général le foin de luzerne est aussi bien digéré par les deux espèces.

Paille des céréales.

Quant à la paille, M. Wolff pense qu'il faut encore d'autres expériences pour pouvoir tirer des conclusions. Si elle est donnée en petite quantité (sous forme de paille hachée), 1 kilogr. à 1k,5 par jour, avec du foin ou de l'avoine, l'utilisation est médiocre, et l'avantage principal réside dans une meilleure insalivation du fourrage. Elle donne aussi à l'animal cet état de satiété agréable, d'aise, que procure un estomac plein.

Tout au plus les hydrates de carbone de la paille des céréales d'hiver sont utilisés dans la digestion et contribuent à l'alimentation du cheval.

La protéine et la graisse de la paille ne doivent pas être prises en considération.

Composition moyenne des trois sortes de paille.

PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
4.00	1.28	48.71	38.89	7.12

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.			
		Substance sèche.	Substance organique.	Cellulose.	Extractifs.
Cheval.	6	16.40	17.61	14.62	23.78

La paille était donnée concurremment avec du foin et de l'avoine. Donnée seule au mouton on a obtenu des coefficients de digestibilité bien plus élevés et qui sont les suivants :

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.			
		Substance sèche.	Substance organique.	Cellulose.	Extractifs.
Mouton	2	44.96	47.59	58.98	37.41

Il est évident que ces coefficients ne peuvent être comparés.

Avoine.

Le plus important de tous les aliments concentrés pour le cheval, l'avoine, est presque aussi bien digéré par lui que par les ruminants, cela est surtout vrai pour la protéine et les extractifs ; la graisse est aussi assez facilement digérée par le cheval. La cellulose présente d'assez grandes variations chez les deux espèces animales et en général est peu digestible.

La digestibilité moyenne de la substance organique totale, calculée p. 100 de l'avoine sèche, s'élève chez le cheval à 65.6 p. 100 et chez le mouton à 68.2 p. 100, soit une différence de 2.6 p. 100.

En moyenne, avec les huit sortes d'avoine consommées par le cheval, elle est de 65.1, ou, si l'on porte en compte la graisse digérée (4.20 p. 100) avec son équivalent en amidon, 70.20 ; et p. 100 de l'avoine séchée à l'air avec 14 p. 100 d'eau, 60.4.

Composition des avoines.

	PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
Moyenne des 3 sortes employées pour le cheval et le mouton. .	13.10	5.79	12.07	63.53	3.93
Moyennes de 8 sortes (cheval seul).	12.85	6.01	12.71	64.14	4.26
Maximum	14.03	7.41	15.67	66.35	6.34
Minimum	10.56	5.35	11.38	62.88	3.67

	NOMBRE des essais.	COEFFICIENT DE DIGESTIBILITÉ.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine.	Graisse.	Cellulose.	Extractifs.
Mouton	13	70.37	71.28	79.92	82.98	29.88	75.99
Cheval	8	66.49	67.97	85.83	71.38	21.04	73.53
Différence. .		3.88	3.31	— 5.91	11.60	8.84	2.46
Cheval (8 sortes) .	22	64.89	67.11	79.36	70.43	20.06	74.05
Maximum . . .		69	71	89	78	38	76
Minimum . . .		59	62	68	60	1	72

En réunissant les différentes sortes d'avoine d'après leur teneur en azote, on ne remarque aucune différence sensible.

On aurait pu croire, *à priori*, que la digestibilité de l'avoine doit toujours être plus grande, avec une teneur en azote plus élevée. Au

contraire, souvent une avoine plus pauvre en azote, avec un taux d'amidon relativement plus élevé, est plus facilement digérée qu'une avoine *plus riche en azote*, si avec une enveloppe plus épaisse et un grain moins plein se trouve en même temps un taux de cellulose plus considérable.

En calculant par rapport à la substance sèche, on obtient les nombres suivants :

	PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	SUBSTANCE organique.	RAPPORT.
Mouton.	10.47	4.81	3.61	49.28	67.17	$\frac{1}{6.17}$
Cheval.	11.24	4.13	2.54	47.68	65.59	$\frac{1}{5.42}$
Différence. .	— 0.77	0.68	1.07	1.60	2.59	0.75
Cheval (moyenne des 8 sortes) .	10.00	4.23	2.40	47.50	64.13	$\frac{1}{6.02}$

Les autres aliments concentrés, le maïs, les féveroles et l'orge, se sont montrés particulièrement digestibles, et les petites inégalités observées entre le cheval et le mouton peuvent être négligées.

Les différences trouvées avec les pois et le lupin sont plus grandes ; elles se rapportent, ici aussi, principalement à la cellulose brute et à la graisse ; à un beaucoup moindre degré à la protéine et aux extractifs qui prédominent et sont les principes les plus importants.

De nouvelles recherches réduiront encore probablement ces différences.

Pour le lupin, il est à remarquer que par une torréfaction convenable et l'enlèvement du principe amer on élève encore la digestibilité.

TABLEAUX.

Composition des grains employés dans les essais.

	PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
Maïs	13.34	4.76	1.75	78.45	1.70
Féveroles	33.31	1.64	7.99	53.33	3.73
Pois	29.88	1.59	6.61	58.33	3.59
Lupin jaune 1881	53.11	6.04	19.85	19.01	2.00
— 1883	53.31	5.14	21.89	17.61	2.05
Orge	14.67	1.37	4.77	74.95	4.24
Lupin jaune 1880	42.73	5.86	16.43	29.62	5.56
— torréfié	43.16	6.01	17.62	28.53	4.68
— débarrassé du principe amer	47.87	6.66	20.91	22.91	1.65

Les coefficients de digestibilité obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

		NOMBRE des essais.	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.					
			Substance sèche.	Substance organique.	Protéine.	Graisse.	Cellulose.	Extractifs.
Maïs	Mouton	2	87.80	88.47	78.54	81.58	61.89	91.32
	Cheval	1	90.31	90.93	77.64	63.04	100.00	93.93
Différence			— 2.51	— 2.46	0.90	21.54	— 38.11	— 2.61
Féveroles	Mouton	6	87.17	89.58	87.12	84.15	78.53	91.17
	Cheval	5	84.81	87.07	85.84	12.90	65.40	93.17
Différence			2.36	1.91	1.23	71.25	13.12	— 2.39
Pois	Mouton	2	88.26	89.54	88.92	74.70	65.67	93.32
	Cheval	1	77.21	80.33	82.97	6.89	8.04	89.03
Différence			11.05	9.21	5.95	67.81	57.63	4.29
Lupin	Mouton	2	88.48	87.56	87.82	77.64	96.73	77.72
	Cheval	1	70.63	72.29	94.16	27.32	50.82	50.79
Différence			17.85	15.27	— 6.34	50.32	45.91	26.93
Orge	Cheval	1	83.48	87.03	80.27	42.37	100	87.32

Racines et tubercules.

Des essais exécutés antérieurement avec des moutons, à Hohenheim, ont montré que les pommes de terre et les carottes sont presque complètement utilisées. Cela a été établi chez le cheval par des recherches directes, on a constaté que la protéine et les extractifs dans ces plantes sont, à un haut degré, digérés.

Composition des racines et tubercules.

	PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIFS.	CENDRES.
Pommes de terre. . .	11.90	0.46	4.00	80.02	3.62
Carottes	12.23	1.35	10.63	67.48	8.31

	COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ.			
	Substance sèche.	Substance organique.	Protéine.	Extractifs.
Pommes de terre	90.46	93.28	88.00	99.36
Carottes.	84.66	87.23	99.31	93.81

La carotte est donc un fourrage que le cheval peut utiliser presque en totalité. Nous avons vu précédemment que le taux de l'azote non protéique était très élevé dans les pommes de terre.

Des essais exécutés à Proskau sur des moutons, lapins, oies, ont montré que l'asparagine serait un véritable aliment, en diminuant la destruction de la protéine dans l'organisme.

Matières minérales.

Enfin, pour ce qui concerne la digestion et l'élimination des substances minérales chez le cheval, il est particulièrement caractéristique, pour cet animal, que de la chaux prise avec le fourrage, un tiers, jusqu'à la moitié, et maintes fois encore plus, se retrouve dans

les urines, pendant que dans l'urine des ruminants (chez le mouton) on trouve, à peine, plus de 5 p. 100 de la quantité existant dans le fourrage.

La potasse se comporte inversement; dans les excréments du mouton, on trouve seulement 3 à 5 p. 100 de celle existant dans le fourrage ; le reste passe dans l'urine. Par contre, chez le cheval, on rencontre la potasse en quantité variable suivant la constitution du fourrage, mais toujours très importante, en moyenne environ un tiers ou encore plus de celle du fourrage dans les excréments.

Pour l'acide phosphorique, on n'en trouve chez les deux espèces animales le plus souvent qu'une trace dans l'urine; presque tout passe dans les excréments.

Quant à l'élimination de l'acide sulfurique et du chlore, il n'y a non plus aucune différence à remarquer.

La magnésie est toujours éliminée en quantité considérable par l'urine, en plus grande quantité cependant chez le cheval que chez le mouton, 40 p. 100 contre 20, 30 p. 100 de la quantité existant dans le fourrage. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

	POTASSE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfurique.	CHLORE.
	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
1° ALIMENTATION AU FOIN DE TRÈFLE.						
Foin de trèfle. . . .	172,86	132.71	47.33	39.30	13.10	8.03
Excréments solides .	59,04	70.80	31.04	39.16	8.68	1.63
Urine.	110,70	95.40	15.00	»	7.01	5.29
2° RATION COMPOSÉE DE FOIN DE PRAIRIE, D'AVOINE ET DE PAILLE.						
Foin	67,15	70.97	22.48	21.46	14.50	20.03
Avoine	35,50	4.55	16.86	61.26	1.19	0.82
Paille.	15,42	6.05	0.60	4.96	1.84	2.61
Somme. . . .	118,07	81.57	39.94	87.68	17.53	23.49
Excréments solides .	79,58	39.24	23.46	86.57	6.72	1.17
Urine.	56,86	33.82	6.85	»	26.48	23.70

Des essais exécutés à Weende, sur des moutons adultes, avec une alimentation exclusive au foin de prairie, avaient donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	ACIDE sulfurique.	CHLORE.
Excréments	98.8	5.3	110.8	82.1	35.0	»
Urine.	1.7	84.7	4.7	25.5	53.2	86.4
Laine.	0.2	3.6	0.4	0.2	1.6	0.5
Total	100.07	93.6	115.9	107.8	100.07	86.9

II. — Relation existant entre le fourrage consommé et le travail produit. Valeur dynamique des aliments.

Le travail était mesuré à l'aide du manège dynamométrique que nous avons précédemment décrit[1]. Pour évaluer le travail, on multipliait la force directement mesurée au manège par le coefficient 1.0937 et par le chemin parcouru, et on ajoutait à cette somme, pour chaque 100 tours, 10000 kilogrammètres pour le transport du corps en avant et 40000 kilogrammètres pour son soulèvement vertical.

La traction a varié de 60 à 120 kilogr., mais la plupart des essais ont été exécutés avec une traction de 76 kilogr., le nombre des tours restant toujours compris entre 300 et 900 et la longueur de la piste étant de $26^{m},39$.

Le travail régulier exécuté au pas, au manège, ne saurait être assimilé complètement, comme le fait remarquer Wolff, même à celui exigé pour la traction sur une route ou pour le labour, à cause des variations d'efforts nécessités par des arrêts plus ou moins brusques, des démarrages fréquents. La distribution du travail peut aussi influer.

A plus forte raison pour un mode de travail différent, comme cela

1. Un appareil analogue est installé au laboratoire de la Compagnie générale des voitures, à Paris ; il y en a un aussi à l'institut agricole de Halle ; on a essayé d'y atteler des bœufs, mais jusqu'ici sans succès. J. D.

se présente chez les chevaux de diligence, de voiture, de selle, de course, doit-on rencontrer de notables divergences.

Les résultats obtenus dans cette direction ne sauraient donc, quant à présent, être généralisés, mais ils n'en constituent pas moins un notable progrès.

Les fourrages mis en consommation pendant les expériences au manège avaient la composition suivante :

	PROTÉINE.	GRAISSE.	CELLULOSE.	EXTRACTIF.	CENDRES.
1881-1882.					
Foin : 1 sorte	9.94	2.96	32.50	47.64	6.96
— 2 sortes	10.14	2.81	31.99	48.60	6.46
Avoine : 1 sorte	11.71	5.50	12.13	66.35	4.31
— 2 sortes	11.38	5.36	12.70	63.63	3.93
Amidon de riz	0.56	0.21	»	98.28	0.95
1882-1883.					
Foin de prairie	11.40	3.14	34.19	43.59	7.68
Avoine : 1 sorte	13.12	6.06	13.19	62.67	4.36
— 2 sortes	12.85	6.05	12.81	64.65	3.64
Graine de lin.	20.85	39.54	9.74	24.45	5.42
Féveroles	31.40	2.42	8.80	53.37	4.01
Amidon de riz	0.28	»	»	98.95	0.77
1883-1884.					
Foin de prairie.	10.78	3.03	34.19	44.06	7.94
Avoine : 1 sorte.	11.69	5.21	15.67	63.60	3.84
— 2 sortes	10.56	7.41	12.67	65.69	3.67
Paille de céréales d'hiver.	3.66	1.28	51.17	35.71	8.18
Amidon de riz	0.62	0.21	»	98.66	0.51

I

La ration d'entretien d'un cheval au repos, d'un poids vivant de 500 kilogr., dans un état moyen d'entretien et n'exécutant aucun travail extérieur, s'élève à 4 200 grammes de substance nutritive par jour avec une quantité de substance sèche de 8 à 10 kilogr. Par substance nutritive, il faut entendre tout ce qui est digéré de la protéine, de la cellulose, des extractifs, et de la graisse × 2.44.

Comme minimum en protéine, on peut accepter 500 gr., soit 80 gr. d'azote, et le rapport nutritif est alors $\frac{1}{7.4}$.

Ce chiffre de 4200 gr. est la moyenne des nombreux résultats obtenus par M. Wolff. Il a de plus trouvé que, pour exécuter 100 tours de manège avec une traction de 76 kilogr., la ration devait contenir un supplément de 315 grammes de substance nutritive.

Si donc on multiplie chaque 100 tours de manège effectués avec une traction de 76 kilogr. par 315 gr. de substance nutritive (nous verrons plus loin comment M. Wolff a obtenu ce chiffre) et qu'on retranche le produit obtenu de la substance totale digérée, la différence représente la ration d'entretien, c'est-à-dire celle nécessaire au cheval au repos, son poids vivant restant invariable.

En partant de ce principe, le tableau suivant résume les chiffres calculés par E. Wolff, en se basant sur les résultats de l'expérience.

		SUBSTANCE nutritive totale.	RAPPORT.	POIDS vivant.	TOURS à 76 kilogr.	TOURS × 3,15.	RESTE.
		Grammes.					
Cheval n° 1.	Moyenne des 4 essais .	6305,6	$\frac{1}{5.79}$	522	600	1890	4416
Cheval n° 2.	1881-1882.	5831,1	$\frac{1}{6.64}$	477	546	1720	4111
	1882-1883.	6748,3	$\frac{1}{6.37}$	486	662	2085	4663
	1883-1884.	5920,2	$\frac{1}{7.26}$	457	567	1786	4134
	Moyenne.	6078,4	$\frac{1}{6.8}$	473	577	1818	4260
Cheval n° 3.	1881-1882.	5313,8	$\frac{1}{7.16}$	454	404	1273	4041
	1882-1883.	6061,3	$\frac{1}{6.88}$	469	683	2152	3909
	1883-1884.	5734,8	$\frac{1}{7.55}$	473	580	1827	3908
	Moyenne	5701,3	$\frac{1}{7.16}$	465	553	1742	3959

Soit en moyenne pour les 3 chevaux employés :

	SUBSTANCE nutritive totale.	RAPPORT nutritif.	POIDS vivant.	NOMBRE de tours.	TOURS × 3,15 ou substance nutritive employée pour le travail.	SUBSTANCE nutritive restée pour l'entretien.
	Grammes.					
Cheval n° 1. . .	6305,6	$\frac{1}{5.79}$	522	600	1890	4416
— 2. . .	6078,4	$\frac{1}{6.80}$	473	577	1818	4260
— 3. . .	5701.3	$\frac{1}{7.16}$	465	553	1742	3959

M. Wolff fait remarquer qu'il n'y a pas concordance, mais que si on calcule la ration d'entretien pour des poids vivants correspondant à un état normal de nutrition, savoir :

Cheval n° 1, 533 kilogr., n° 2, 500 kilogr., et n° 3, 475 kilogr., on obtient pour la ration d'entretien de 500 kilogr. de poids vivant les nombres suivants :

	GRAMMES.	
Cheval n° 1	4143	Moyenne : 4190
— 2	4260	
— 3	4167	

Avec un animal un peu gras la ration d'entretien est plus faible ; au contraire, si l'animal se trouve au-dessous de son état moyen d'entretien, la ration est plus forte, comme cela se présente dans le tableau précédent avec les poids respectifs de 473 kilogr., 522 kilogr. et 465 kilogr., on obtient alors :

	GRAMMES.	
Cheval n° 1	4230	Moyenne : 4335
— 2	4520	
— 3	4256	

Le facteur 315 a été obtenu dans deux séries d'expérience. La

première, comprenant 3 essais exécutés avec de l'avoine, du foin et de l'amidon de riz, a donné les résultats suivants. La traction était de 76 kilogr. dans les 3 essais.

RATIONS.	NOMBRE de tours.	PORTION DIGÉRÉE, CHEVAL N° 2.					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine.	Graisse.	Cellulose.	Extractifs.
7 kilogr. de foin / 3 — d'avoine	250	4816.9	4572.0	588.6	142.3	821.4	3019.6
7 — de foin / 3 — d'avoine / 1 — d'amidon	450	5523.4	5327.8	557.7	128.5	800.3	3842.8
Différence	+ 200	+ 706.5	+ 755.8	— 30.9	— 13.8	— 21.1	+ 823.2
		CHEVAL N° 3.					
7 kilogr. de foin / 4 — d'avoine	350	5165.7	4988.8	674.3	115.2	753.5	3145.9
7 — de foin / 4 — d'avoine / 1 — d'amidon	575	5828.5	5587.6	636.0	136.7	960.5	3851.3
Différence	+ 225	+ 550.4	+ 563.8	— 26.2	+ 4.7	— 117.2	+ 702.3
		CHEVAL N° 2.					
7 kilogr. de foin / 4 — d'avoine	350	5086.1	4872.0	676.1	130.6	1134.0	2931.3
7 — de foin / 4 — d'avoine / 1 — d'amidon	575	5828.5	5587.6	636.0	136.7	960.5	3851.3
Différence	+ 225	+ 742.4	+ 715.6	— 40.1	+ 6.1	— 173.5	+ 923.0
Moyenne des trois essais	+ 217	+ 666.4	+ 678.4	— 32.4	— 1.0	— 103.9	+ 816.2

Soit pour 100 tours 312 gr. de substance nutritive

$$\left(\frac{677.4}{217}\right) = 312.$$

Il faut remarquer ici la dépression exercée par l'amidon dans la digestion de la cellulose et de la protéine, comme cela a déjà été signalé chez les ruminants.

D'après les recherches de Stohmann, 1 gramme des corps suivants dégage en calories[1] :

Amidon	4116
Cellulose	4146
Dextrose-lévulose	3692
Sucre de canne	3959
Acide stéarique	9412
Huile de lin, de colza, de pavot, d'olive	9431
Albumine par son dédoublement en urée	4720

Donc 312 × 4116 = 1284000 calories ou 544500 kilogrammètres. D'autre part, 100 tours correspondent à 269000 kilogrammètres (26.39 × 100 × 76 × 1.0937 × 50000).

Il résulte de ces chiffres que 49.4 p. 100 de la chaleur dégagée dans l'organisme par la ration de production ont pu être transformés en travail mécanique.

Si l'on tient compte de la chaleur dégagée par la protéine, la cellulose et la graisse, on obtient un chiffre un peu plus élevé, 49.8 p. 100.

Les deux tableaux qui suivent résument les conditions dans lesquelles a été effectuée cette première série d'essais, c'est-à-dire, durée de chaque essai, la traction et la variation de poids des chevaux.

Essais avec ou sans amidon (durée des expériences).

Cheval n° 2	Période I.		300 tours, du 4 au 23 janvier 1882 (20 jours).
	— II	*a*	300 tours, du 24 janvier au 6 mars (39 jours).
		b	500 tours, du 7 au 24 mars (18 jours).
Cheval n° 3	— I.		400 tours, du 1er au 20 mai 1882 (20 jours).
	— II.		600 tours, 21 mai au 11 juin (22 jours).
Cheval n° 2	— I.		400 tours, 27 janvier au 13 février 1884 (18 jours).
	— II	*a*	500 tours, 21 décembre 1883 au 12 janvier 1884 (23 jours).
		b	600 tours, 13 au 26 janvier 1884 (14 jours).

On peut voir que, sous l'influence de la ration *a*, 2e période, le che-

1. *Kalorimetrische Untersuchungen,* von F. Stohmann, C. v. Rechenberg, etc..... *Landw. Jahr.* B. XIII. S. 513-581. 1884.

val n° 2 a augmenté notablement de poids par suite de l'addition de 1 kilogr. d'avoine à la ration.

Essais avec ou sans amidon (variations de poids).

Cheval n° 2	Ire période		487,2	487,2	485,3	483,2	483,2	482,5	
	IIe —	a	483,5	485,7	487,7	489,2	491,0	491,8	492,7
			494,7	495,8	495,8	498,3	499,5	499,2	500,2
		b	496,7	485,5	480,7	481,3	481,2	479,7	
Cheval n° 3	Ire —		454,8	454,3	453,3	452,0	451,2	451,5	451,3
	IIe —		453,7	454,7	456,2	455,5	455,5	454,3	449,6
Cheval n° 2	Ire —		453,5	450,8	451,5	453,7	453,3	453,7	
	IIe —	a	454,3	454,0	456,0	454,8	453,7	455,3	455,2
			455,3						
		b	457,0	456,7	455,5	455,2	455,3		

Tels sont les résultats des pesées pendant les essais exécutés avec ou sans amidon de riz.

Il faut se rappeler que tout changement de régime amène une diminution momentanée du poids du cheval.

Dans une 2e série d'expériences, où la quantité d'avoine a seule varié, la traction restant toujours de 76 kilogr., les résultats obtenus dans 14 essais ont été les suivants :

TABLEAU.

RATION.	NOMBRE de tours.	PORTION DIGÉRÉE (CHEVAL N° 2).					
		Substance sèche.	Substance organique.	Protéine.	Graisse.	Cellulose.	Extractifs.
7 kilogr. de foin. . . . . / 4 — d'avoine. . . .	500	5740.7	5511.4	787.4	158.1	1026.2	3539.8
7 — de foin. . . . . / 5 — d'avoine. . . .	675	6208.6	6001.5	864.8	174.4	1017.2	3915.1
Différence	+ 175	+ 467.6	+ 490.1	+ 77.4	+ 16.3	— 9.0	+ 405.3
7 kilogr. de foin. . . . . / 5 — d'avoine	550	5747.8	5585.7	847.8	168.1	735.1	3834.8
7 — de foin. . . . . / 6 — d'avoine	750	6479.6	6288.5	959.0	207.8	767.4	4354.3
Différence	+ 200	+ 731.8	+ 702.8	+ 111.2	+ 39.7	+ 32.3	+ 519.5
7 kilogr. de foin. . . . . / 4 — d'avoine	350	5086.1	4872.0	676.1	130.6	1134.0	2931.3
7 — de foin. . . . . / 5 — d'avoine	475	5410.1	5204.4	747.0	164.4	968.6	3324.7
Différence	+ 125	+ 324.0	+ 332.4	+ 70.9	+ 33.6	— 165.4	+ 393.4
		CHEVAL N° 3.					
7 kilogr. de foin. . . . . / 4 — d'avoine	350	5165.7	4988.8	674.3	115.2	753.5	3145.9
7 — de foin. . . . . / 5 — d'avoine	550	5685.3	5505.6	788.1	162.6	713.0	3812.0
Différence	+ 200	+ 519.6	+ 516.8	+ 113.8	+ 47.4	— 40.5	+ 396.1
Moyenne des quatre essais	+ 175	+ 510.8	+ 510.5	+ 93.3	+ 31.2	— 48.7	+ 429.1

Il résulte de ces chiffres qu'à 100 tours correspondent 318 gr. de substance nutritive

$$\left(\frac{557 \times 100}{175} = 318\right).$$

En adoptant la même valeur calorifique pour la protéine, la cellulose, les extractifs et la graisse, c'est-à-dire pour la substance nutritive totale, comme l'indique Wolff et comme nous le verrons plus loin, on a :

$$318 \times 4116 = 1\,308\,900 \text{ calories},$$

soit en nombre rond 555 000 kilogrammètres.

Le travail développé dans 100 tours étant de 269 000 kilogrammètres, il en résulte que 48.5 p. 100 représentent l'effet utile de la ration d'entretien. En se servant des nombres de Stohmann, on obtient :

$$1\,329\,800 \text{ calories} = 563\,870 \text{ kilogrammètres},$$

soit 47 p. 100.

Donc, en moyenne des deux séries d'essais :

$$\frac{312+318}{2} = 315 \text{ grammes}$$

de substances nutritives pour produire 269000 kilogrammètres et le rendement en travail utile est de

$$\frac{49.4+48.5}{2} = 48.95 \text{ p. } 100$$

et de

$$\frac{49.8+47.7}{2} = 48.75 \text{ p. } 100^{1}.$$

Le tableau suivant indique les conditions de cette 2e série d'expériences :

Essais avec l'avoine (variations de poids).

Cheval n° 2	Ire période	478,2	477,0	479,0	478,0	477,7	478,3	
	IIe —	479,7	478,2	478,2	474,5	476,2	475,9	
	IIIe —	471,2	473,0	472,8	473,0	473,3	475,5	475,7
	IVe —	475,0	470,8	457,3	459,3	458,2	456,3	457,2
		459,5						
Cheval n° 3	Ire —	454,8	454,3	453,3	452,0	451,2	451,5	451,3
	IIe —	449,8	448,0	444,5	443,0	441,8 (moyenne de 2 jours).		
Cheval n° 2	Ire —	453,5	450,8	451,5	453,7	453,3	453,7	
	IIe —	466,3	465,2	463,5	461,3	459,0	460,0	458,8
		458,5						

Durée des essais.

Cheval n° 2	Période I.	500 tours, du 25 mars au 13 avril 1882 (20 jours).
	— II.	700 tours, du 14 au 29 avril 1882 (16 jours).
	— III.	500 tours, du 21 mai au 11 juin 1882 (22 jours).
	— IV.	900 tours, du 12 juin au 3 juillet (22 jours).
Cheval n° 3	— I.	400 tours, du 1er au 20 mai 1882 (20 jours).
	— II.	600 tours, du 12 au 21 juin 1882 (10 jours).
Cheval n° 2	— I.	400 tours, du 27 janvier au 13 février 1884 (18 jours).
	— II.	600 tours, du 11 novembre au 2 décembre 1883 (22 jours).

1. Chez les machines à vapeur les mieux construites, 16 à 17 p. 100 seulement.

Le tableau suivant résume les conditions des deux séries d'expériences et permet d'en embrasser l'ensemble.

CHEVAUX.	RATIONS.	Substance nutritive totale	RAPPORT nutritif.	NOMBRE de tours à 76 kilog.	POIDS vivant.	EAU bue.
		Grammes.			Kilogr.	
1re *série.*						
N° 2. .	7 kilogr. foin + 3 kilogr. avoine .	4876,9	$\frac{1}{7.3}$	250	485	18850
	7 kilogr. foin + 3 kilogr. avoine + 1 kilogr. amidon	5514,4	$\frac{1}{8.87}$	450	488	21320
N° 3. .	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine .	5154,8	$\frac{1}{6.63}$	350	452	25590
	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine + 1 kilogr. amidon	5725,2	$\frac{1}{7.84}$	575	452	32680
N° 2. .	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine .	5060,2	$\frac{1}{6.49}$	350	456	16950
	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine (a)	5675,9	$\frac{1}{8.28}$	550	455	19600
	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine (b)	5893,2	$\frac{1}{7.92}$	575	455	19200
2e *série.*						
N° 2. .	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine.	5740,2	$\frac{1}{6.30}$	500	478	21030
	7 kilogr. foin + 5 kilogr. avoine.	6252,7	$\frac{1}{6.24}$	675	478	27040
	7 kilogr. foin + 5 kilogr. avoine .	5827,8	$\frac{1}{5.89}$	550	473	25010
	7 kilogr. foin + 6 kilogr. avoine.	6587,7	$\frac{1}{5.88}$	750	467	31600
N° 3. .	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine.	5151,8	$\frac{1}{6.63}$	350	452	25590
	7 kilogr. foin + 5 kilogr. avoine.	5739,7	$\frac{1}{6.30}$	550	445	32580
N° 2. .	7 kilogr. foin + 4 kilogr. avoine.	5060,2	$\frac{1}{6.49}$	350	456	16950
	7 kilogr. foin + 5 kilogr. avoine.	5440,9	$\frac{1}{6.98}$	475	455	22500

II.

La ration d'entretien est constituée comme suit : foin de prairie avec une addition d'une petite quantité de paille de céréales. Avec une alimentation exclusive de foin de prairie, il en faut $10^{k},5$ avec 85 p. 100 ou $8^{k},93$ de substance sèche. D'après la moyenne obtenue avec les 16 sortes de foin — un peu au-dessus de la qualité moyenne — employées aux expériences sur le cheval, on trouve que ces $10^{k},5$ contiennent 4 262 grammes de substance nutritive (rapport nutritif $\frac{1}{6.3}$ chez le cheval et $\frac{1}{7.9}$ chez les ruminants) avec 586 grammes de protéine brute (93.7 d'azote).

Avec les 5 sortes de trèfle rouge, la même chose se retrouve. Dans $10^{k},5$ séchés à l'air, on a $8^{k},93$ de substance sèche, 4 323 grammes de substance nutritive $\left(\frac{1}{5.0}\right)$ avec 823 grammes de protéine ($131^{gr},7$ d'azote).

Avec le foin de luzerne moyenne de 4 sortes, 9 kilogr. ou $7^{k},65$ de substance sèche suffisent à cause de la plus grande teneur en substances nutritives. Ils contiennent 4156 grammes avec un rapport nutritif très étroit $\frac{1}{3.4}$.

III.

Il faut, pour rendre possible une certaine quantité de travail, sans changement dans l'état d'entretien de l'animal, ajouter un supplément, *ration de production ou de travail* [1], à la ration d'entretien. Une addition de 300 grammes de substance nutritive produit 260000 kilogrammètres.

Dans de certaines limites, cette addition peut se composer exclusivement d'amidon ou d'une quantité correspondante de graisse ou encore d'un fourrage consistant en un mélange d'hydrate, de carbone, de graisse et d'albumine.

Dans l'évaluation approximative de la chaleur dégagée dans l'organisme par dédoublement et oxydation des principes immédiats

1. Cette ration se compose de la ration de travail proprement dite, plus de la ration de transport.

digérés, M. Wolff porte en compte les hydrates de carbone et l'albumine avec la même valeur calorifique, en se basant sur les considérations que nous allons développer.

Max Rubner, par des recherches directes sur des animaux vivants (chiens), a trouvé des nombres se rapprochant beaucoup de ceux de Stohmann[1].

Le tableau suivant donne les équivalents dynamiques pour 100 parties de graisse :

	CALCULÉS d'après l'expérience.	CALCULÉS d'après la chaleur de combustion.	DIFFÉRENCE p. 100.
Albumine	211	199	+ 5.7
Amidon	232	228	+ 1.7
Sucre de canne	234	237	— 1.3
Dextrose	256	254	+ 0.8

On peut donc dire que les matières ayant la même quantité d'énergie potentielle peuvent se remplacer dans l'organisme, sont *isodynamiques*.

Rubner a aussi déterminé la chaleur de combustion par des recherches calorimétriques et a trouvé des nombres presque identiques avec ceux de Stohmann.

1 GRAMME DES CORPS SUIVANTS DÉGAGE en calories :	STOHMANN.	RUBNER.
Albumine	5715	5754
Graisse	9431	9423
Amidon	4116	4115

Il faut remarquer, à ce sujet, que le rapport entre la valeur calorifique de l'amidon et de la graisse est de 2.29, et que le facteur 2.44, employé jusqu'ici, est un peu trop haut.

1. Max Rubner, *Zeitschr. für Biologie,* 1883-1885.

Rubner a prouvé expérimentalement que le chiffre 4 720, calculé par Stohmann pour l'albumine, en considérant seulement l'urée, est trop fort, parce que dans l'urine, en dehors de l'urée, il y a d'autres produits d'élimination d'une valeur calorifique plus élevée, acide hippurique, etc.

Il a trouvé, en effet, en alimentant un chien exclusivement avec de l'albumine : pour 1 gramme de la substance organique totale dans l'urine, 2 706 calories, tandis que 1 gramme d'urée donne seulement 2 523, soit une différence de 183 calories ou 7.20 p. 100. De plus, il faut une certaine quantité de chaleur pour l'expulsion des excréments : 100 parties d'albumine forment en moyenne 3.24 parties d'excréments à l'état sec (fèces), de sorte que, d'après Rubner, il reste seulement 4 474 calories ou 77.8 p. 100 de la chaleur brute de combustion (5 754 calories).

En outre, pour 1 gramme de viande sèche, débarrassée autant que possible des matières extractives, on obtient seulement 4 047 calories (4 233 pour la substance organique de la viande). Pour 1 gramme d'albumine végétale (pain de seigle ou de blé), on a seulement 3 960 calories ; mais d'autres matières albuminoïdes ont une puissance calorifique plus élevée et on sait, de plus, que le coefficient de digestibilité de la protéine est plutôt déterminé trop bas que trop haut à cause de l'influence des principes de désassimilation. Pour ces divers motifs, Wolff admet le même chiffre pour l'albumine que pour l'amidon, 4 116 ou, en nombre rond, 4 100 calories.

Il fait cependant remarquer que ce chiffre, pour l'albumine végétale, est plutôt encore trop élevé que trop bas, attendu que nous comptons comme albumine différents corps : amides, acides amidés, etc., qui n'ont pas la même valeur calorifique. De plus, l'urine des ruminants contient des substances organiques d'une valeur calorifique plus élevée que celle des carnivores : acide hippurique.

La teneur de l'urine des herbivores en matière organique varie du reste beaucoup avec l'alimentation. Henneberg a trouvé les résultats suivants dans l'urine du bœuf, par 24 heures :

1. Henneberg, *Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung des Wiederkäuers*, 1872. S. 19 und 203.

	AZOTE.	CARBONE.	CARBONE correspondant à l'azote pour former de l'urée.	EXCÉDENT en carbone.
			Grammes.	Grammes.
Alimentation intensive, rapport $\frac{1}{4.0}$ . .	170	220	74	146
Alimentation exclusive au foin de prairie, rapport $\frac{1}{8.1}$	7.65	23.25	3,29	19,96

C'est-à-dire, dans le premier cas, 2.5 p. 100 du carbone du fourrage et 4.50 p. 100 de celui digéré; dans le deuxième, 4,3 p. 100 et 7.8 p. 100.

Quant aux principes non azotés (la graisse exceptée), Wolff leur affecte aussi le chiffre 4 116, comme pour l'amidon pur, tout en remarquant qu'ici encore il est trop élevé, quoique la composition élémentaire des principes non azotés digérés chez les ruminants soit à peu près celle de l'amidon, d'après les observations d'Henneberg et Stohmann. Il y a aussi une plus ou moins grande quantité de principes (acides organiques, cellulose), dont la valeur est moindre que celle de l'amidon et même douteuse. Pour la cellulose, par exemple, une partie subit déjà la fermentation dans l'intestin, avec formation de gaz des marais, sans produire d'effet.

Cela a surtout de l'importance pour les fourrages bruts et les fourrages verts, beaucoup moins pour les aliments concentrés, presque exclusivement constitués par l'albumine, la graisse et l'amidon.

En résumé, si on a préalablement multiplié la graisse par le facteur 2.44, on a la même valeur, 4 100 calories pour la *substance nutritive totale*.

Donc avec 300 grammes de substances nutritives, on obtient :

$$4100 \times 300 = 1\,230\,000 \text{ calories ou } 521\,000 \text{ kilogrammètres.}$$

Si on admet qu'il y a 50 p. 100 environ de la chaleur produite par la ration de travail utilisée par le corps de l'animal, il reste, en nombre rond, 260 000 kilogrammètres de disponibles pour le travail mécanique utilisable.

Pour l'homme, Rubner calcule, pour 100 parties d'albumine, 60 parties d'albumine animale et 40 parties de protéine végétale, d'où la chaleur développée, par 100 parties, serait de :

$$60 \times 4223 + 40 \times 3960 = 2540 + 1584 = 4124 \text{ calories.}$$

D'après lui, la chaleur produite par les matières digérées, déduction faite de la chaleur de combustion des excréments, s'élève, en 24 heures, pour notre climat, chez un homme du poids de 67 kilogr. et fournissant un travail modéré de 9 à 10 heures, à 3 121 000 — 253 000 = 2 868 000 calories. La ration serait ainsi composée :

Albumine	117 grammes.
Graisse	50 —
Hydrates de carbone	469 —

Le rapport nutritif étant d'environ 1/5.

D'après la valeur calorifique on obtient :

Albumine	1/6 ou mieux	16.70 p. 100
Graisse	1/6 —	16.30 —
Hydrate de carbone	2/3 —	66.90 —

Le travail mécanique développé par un travailleur, s'élevant d'après les observations en moyenne à 201 600 kilogrammètres ou 474 000 calories, 50 p. 100 dans les cas les plus favorables comme le remarque Rubner (mais d'autres fois seulement 1/4, d'après Danilewski[1]) de l'énergie peuvent être transformés en travail.

Prenons 1/4, on obtient 4 × 474 000 = 1 896 000 calories, l'énergie totale étant 2 864 000, il reste 2 864 000 — 1 896 000 = 968 000 calories qui ne sont pas utilisées en travail.

La quantité de chaleur produite par un homme vigoureux à l'état de jeûne étant de 2 303 000 calories, après soustraction de celle nécessaire au travail, il ne reste pas la moitié de l'énergie totale pendant le jeûne.

L'homme à jeun et celui au repos possèdent l'énergie chimique nécessaire pour résister au refroidissement ; mais s'ils travaillent, une grande partie de la chaleur dégagée pour parer au refroidissement disparaît pour aider à couvrir la perte de chaleur du corps.

---

1. *Pfluger's Archiv für die gesammte Physiologie,* t. XXX, s. 182.

Nous avons vu que la ration d'entretien d'un cheval de 500 kilogr. était de 4200 gr. de substance nutritive; c'est à peu près la même quantité que celle trouvée par Henneberg et Stohmann, soit pour 500 gr. poids vivant, 285 gr. d'albumine et 3700 de matières non azotées, soit 3985 gr. et si on convertit en amidon, 4105 gr.

La quantité moyenne de travail par jour que peut fournir un cheval de trait ou de labour du poids vivant de 500 kilogr. et suffisamment bien nourri est d'environ 2 millions de kilogrammètres ou 4 720 000 calories. Il faut alors que l'animal puisse digérer 4200 $+ \frac{2\,000\,000}{260\,000} \times 300 = 4200 + 2310 = 6510$ gr. de substance nutritive.

Si, une telle ration est composée avec du foin de prairie, de l'avoine et une petite quantité de paille hachée, le rapport nutritif varie ordinairement entre $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{7}$. S'il correspond à la moyenne, soit $\frac{1}{6.5}$, la ration contient alors 868 gr. de protéine digestible ou 138gr,9 d'azote.

Si, au lieu de la moitié, 1/4 seulement de la force se change en travail comme nous l'avons vu chez l'homme, il reste ici aussi à peine la moitié de l'énergie nécessaire pendant le repos :

$$6510 - 2310 \times 2 = 1890$$

ou, d'après la valeur calorifique,

$$26\,691\,000 - 18\,942\,000 = 7\,749\,000 \text{ calories.}$$

On trouve donc des rapports identiques pour la production de la force dans l'organisme humain et chez le cheval.

Avec une alimentation exclusivement composée de foin de qualité moyenne, un cheval d'environ 500 kilogr. poids vivant ne peut guère en digérer plus de 12 kilogr. par jour, à cause du volume (soit, avec 85 p. 100 d'eau, 10kil,2 de substance sèche), s'il n'est pas habitué dès sa jeunesse ou depuis longtemps à un fourrage volumineux.

Dans 12 kilogr. de foin de prairie d'une telle constitution, moyenne des 16 sortes de foin employées aux expériences d'Hohenheim, il y avait 4868 gr. de substance nutritive (substance organique digérée avec la graisse $\times$ 2,44) avec un rapport nutritif de $\frac{1}{6.3}$.

Dans 12 kilogr. de foin de trèfle, un peu plus, soit 4938 gr. $\left(\frac{1}{5}\right)$.

Par contre, dans 12 kilogr. de foin de luzerne ou $10^{kil},2$ de substance sèche on a 5541 gr. $\frac{1}{3.4}$.

Le cheval peut seulement fournir par jour, avec une alimentation exclusive de foin de prairie ou de foin de trèfle, s'il doit rester dans le même état moyen d'entretien, c'est-à-dire sans variation de poids vivant, un travail très restreint, environ le quart de celui qu'on exige ordinairement.

Au contraire, un cheval peut, avec le foin de luzerne (12 kilogr.), déjà produire un travail bien plus élevé, plus de la moitié du travail ordinaire exigé, 1341 gr. de substances nutritives = 1 162 000 kilogrammètres.

Si le foin ou les fourrages verts sont particulièrement tendres et facilement digestibles, naturellement alors, la quantité des principes digérés sera plus élevée et l'effet nutritif sera plus grand. Sur une bonne prairie, un cheval peut se nourrir suffisamment et fournir une quantité moyenne de travail, en supposant qu'on lui laisse le temps qu'il faut pour prendre le fourrage qui lui est nécessaire.

A Hohenheim, par exemple, de l'herbe de prairie qui, par ses propriétés, était comparable à celle d'un bon pâturage, fut coupée le 12 mai ; après un séchage soigné, elle fut donnée au cheval en expérience. Ce cheval pouvait en absorber 12 kilogr., soit $10^{kil},2$ de substance sèche et même 11 kilogr. (5891 de substances nutritives $\frac{1}{3.4}$ et 6352 gr. dans le dernier cas). Cette dernière quantité correspond presque à celle nécessaire pour un cheval de labour exécutant un travail moyen ; la différence est seulement de 158 gr. La ration ordinaire du cheval consiste en foin de prairie et en avoine qui, suivant les circonstances, sont distribués en quantité variables.

Pour exécuter un travail élevé dans un temps court, il faut donner un fourrage concentré, présentant, sous un poids égal et avec un moindre volume, une grande quantité de matières nutritives. Le poids total de la ration séchée à l'air peut, en général, rester assez constant et s'élever à 12 kilogr., soit $10^{kil},2$ de substance sèche.

Les essais exécutés avec les chevaux n° 1 et n° 2 à Hohenheim, pendant plusieurs années, ont, en effet, donné les résultats suivants :

RATION JOURNALIÈRE.		FOURRAGE sec.	SUBSTANCE nutritive totale.	PROTÉINE.	GRAISSE.	HYDRATE de carbone.	RAPPORT net.
Foin.	Avoine.		Grammes.				
7	5	10.416	5832	820	166	4608	$\frac{1}{6.1}$
6	6	10.197	6366	831	267	4885	$\frac{1}{6.7}$
5	7	10.356	6604	786	344	4979	$\frac{1}{7.4}$
Moyenne. . .		10.333	6267	819	259	4824	$\frac{1}{6.7}$

Si un travail énergique est exigé, la ration, cela se comprend, se constituera en augmentant la quantité d'avoine et en diminuant la quantité de foin. Le cheval, dans cette circonstance, est disposé à prendre un plus grand poids de fourrage total sous un volume moindre.

Le plus souvent, avec un travail moyen, si on mélange à l'avoine 1 à 2 kilogr. de paille de céréale hachée, on obtient, avec une augmentation du poids du corps une plus grande quantité de travail; cela résulte des essais faits à Hohenheim, même alors qu'une très petite quantité de la substance de la paille est digérée, tout au plus une certaine quantité des hydrates de carbone qu'elle contient.

Les résultats obtenus montrent clairement que, dans l'alimentation normale chez le cheval, les *hydrates de carbone* sont de beaucoup les substances nutritives les plus importantes, considérées comme source de chaleur et production de force.

Cela est encore le cas à un plus haut degré que chez le travailleur, chez l'homme. En moyenne, il résulte des expériences mentionnées que les hydrates de carbone entrent pour 76.4 p. 100, soit environ les 3/4, dans la totalité de la chaleur produite, l'albumine seulement pour 13.5 et la graisse pour 10.1.

M. Müntz est arrivé à des conclusions analogues dans ses expériences sur l'alimentation.

« Comparons, entre eux dit-il, une avoine de qualité moyenne et un foin ordinaire, tels qu'ils contiennent tous les deux 9 p. 100 de

matières azotées, le cas se présente fréquemment dans la pratique. On a donc deux aliments qui sont identiques au point de vue de la richesse en matières azotée, et cependant quel est le praticien qui hésiterait entre des poids égaux des deux denrées, qui ne préférerait 1 kilogr. d'avoine à 1 kilogr. de foin, surtout s'il voulait faire travailler son cheval.

« Dans l'exemple actuel, il y a donc autre chose que la matière azotée qui motive cette prédilection. Le principe excitant de l'avoine, principe dont l'existence peut être admise jusqu'à plus ample informé, ne suffit pas pour expliquer la valeur si notablement supérieure de cette denrée. Car ce principe ne saurait être qu'un stimulant momentané, dépourvu, en raison de sa faible quantité, de valeur alimentaire réelle et ne pourrait ainsi entrer dans l'équation qui règle l'équivalence de la force et de la matière alimentaire.

« En poussant plus loin qu'on ne le fait généralement l'analyse des deux denrées que nous comparons ici et en nous servant des résultats que nous avons obtenus dans nos recherches sur la digestibilité des fourrages, nous voyons que l'avoine se distingue surtout du foin par une forte proportion d'amidon, substance intégralement digestible. »

Et plus loin :

« Enfin, et c'est le point sur lequel nous croyons devoir le plus appeler l'attention, les rations dans lesquelles on a diminué la proportion de la matière azotée, autant qu'il était possible par l'emploi de fourrages usuels, ont donné un résultat aussi avantageux que celle dans laquelle la matière azotée était en proportion plus notable [1]. »

J. R. Mayer avait déjà dit : « Le muscle est l'instrument au moyen duquel se métamorphose la force, mais il n'est pas la substance qui produit la force. »

Il faut donc considérer les matières azotées comme jouant un rôle secondaire dans la production de la force chez les moteurs animés.

C'est aussi l'opinion émise par MM. L. Grandeau et A. Leclerc à la suite de leur remarquables recherches sur l'alimentation du cheval.

1. A. Müntz, *Annales de l'Institut agronomique*, 8e année, n° 9, p. 73 et 89, 1886.

« Les substances protéiques nous paraissent avoir pour rôle principal d'entretenir dans son intégrité l'instrument du travail qui, chez l'animal, est le muscle », et plus loin : « mais la source de la force musculaire réside pour la plus grande partie, sinon entièrement, dans la chaleur développée par la combustion des matières amylacées et grasses des aliments (carbone et hydrogène) [1]. »

L'addition de 1 kilogr. d'avoine séchée à l'air à un autre fourrage convenable, d'après les recherches d'Hohenheim, peut produire un supplément de travail de 500 000 kilogrammètres par jour, ou plus exactement 608 gr. de substance nutritive (moyenne des 8 sortes d'avoine employées), $\frac{1}{6.2}$ sont capables de produire 530 400 kilogrammètres (300 gr. = 260 000 kilogrammètres).

D'après les résultats d'essais directs, l'effet produit par les maïs pauvres en azote et riches en amidon est encore plus grand $\left(\frac{1}{8.0}\right)$. Dans 1 kilogr. séché à l'air, il y a 791gr,5 de substances nutritives et le supplément de travail produit peut s'élever par jour à 700 000 kilogrammètres (d'après la teneur en substances nutritives, 686 400 kilogrammètres).

Il faut se rappeler qu'il s'agit toujours d'un cheval de trait ou de labour exécutant le travail au pas d'une manière lente et régulière.

Le maïs convient excellemment pour ramener à son état normal un cheval tombé dans un état de dépérissement, dont le poids a diminué.

Parmi les fourrages concentrés riches en azotes, les féveroles concassées ou préalablement trempées dans l'eau ont surtout été essayées avec le cheval. Elles sont presque aussi facilement digérées par le cheval et les ruminants que le maïs.

D'après les recherches d'Hohenheim le cheval peut retirer de 1 kilogr. de féveroles, en moyenne 716 gr. de substances nutritives ; mais l'effet produit ne s'est pas toujours montré correspondant à cette teneur, tout au moins d'après ce qu'on peut en juger par le poids du corps et par l'apparence extérieure de l'animal, après un travail déterminé. Pour le travail mécanique, l'effet produit est à peine aussi grand qu'avec une égale quantité d'avoine.

1. L. Grandeau et A. Leclerc, *Recherches sur l'alimentation du cheval de trait*, 2e mémoire. (Voir ces *Annales*, t. I, 1885.

Les lupins, préalablement privés de leur principe amer, se comportent de la même manière; ils sont volontiers acceptés par le cheval.

On doit toujours être prudent avec un aliment aussi riche en azote et n'en donner que de petites quantités au cheval. L'addition de graisse ou d'un aliment riche en graisse paraît relever l'utilisation de la féverole pour le travail musculaire.

RECHERCHES

SUR

L'ADMINISTRATION DE L'ARSENIC

AUX RUMINANTS SOUMIS A L'ENGRAISSEMENT

ET SUR QUELQUES POINTS DE L'ACTION DE CE CORPS

Par M. Ch. CORNEVIN

PROFESSEUR A L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE LYON

L'acide arsénieux dont les propriétés toniques sont révélées par la pratique de l'arsenicophagie, dont les vertus anti-asthmatiques et antivermineuses ne sont pas contestables et qui est qualifié par les auteurs de matière médicale de « puissant stimulant du tube digestif », ne pouvait manquer d'attirer l'attention des zootechnistes, des agriculteurs et spécialement, parmi ces derniers, des engraisseurs. En effet, l'engraissement, quand on veut le pousser un peu loin, est une opération des plus difficiles. Les animaux, pleins d'appétit au début du régime d'abondance auquel on les soumet, peu à peu laissent une partie de leur ration, ils sont sous le coup d'une sorte de satiété contre laquelle on lutte par des changements dans la composition des rations et par l'administration de condiments de diverses sortes. On a été ainsi amené à essayer, il y a quelque temps, l'emploi de l'arsenic à petites doses pendant l'engraissement. C'est surtout en Italie qu'on s'est livré à cette pratique qui n'a pas été sans soulever quelque émotion parmi les consommateurs.

Dès 1875, il a été fait en Allemagne, à la station agronomique de Proskau, par M. Weiske et ses collaborateurs, des expériences sur

l'influence de l'acide arsénieux sur l'assimilation des fourrages et sur la nutrition[1]. Ces expériences, à coup sûr fort intéressantes, ont un point faible : elles ne portent que sur deux moutons. Ce chiffre trop limité ne permet guère de dégager l'influence de l'individualité qui est dominante dans toutes les recherches et observations faites sur l'alimentation du bétail et qu'on ne peut annihiler qu'en opérant sur un nombre plus considérable d'animaux. — Quoi qu'il en soit, Weiske a conclu de ses essais, qu'à petites doses, l'acide arsénieux, *administré en solution aqueuse,* favorise l'assimilation des aliments, particulièrement celle de la cellulose, conséquemment l'augmentation de poids des sujets d'expérience.

Mes recherches, exécutées en 1885, 1886, 1887, 1888, sur le bétail de la ferme d'application de l'École vétérinaire de Lyon, avec le concours du fermier, M. Caubet, avaient pour but de voir si l'acide arsénieux, administré : 1° à l'état pulvérulent ; 2° à l'état liquide, et cela aux doses qui seront indiquées ultérieurement, a une influence quelconque sur l'engraissement du bétail de rente. Incidemment, on a recherché quelle influence ce corps pouvait avoir : *a*) sur la marche de la cachexie aqueuse ; *b*) sur l'accroissement des sujets malingres et souffreteux ; et enfin, quelle est la dose toxique pour les oiseaux de basse-cour et les moutons.

I.

Administration de l'arsenic à l'état solide.

Nous avons profité des opérations d'engraissement exécutées sur des bœufs et des moutons pendant l'hiver de 1878 pour étudier l'influence de l'arsenic dans cette occasion.

Bœufs. — Un lot de cinq bœufs, dont le tableau ci-contre indiquera l'âge, la race et le poids vif, est soumis au régime de l'engraissement : après tâtonnement, la ration quotidienne de chaque bête est arrêtée de la façon suivante : graines de foin 13 kilogr., tourteaux de coprah 1 kilogr., son 1 kilogr.

1. *Journ. für Landw.,* t. XXIII, p. 317.

L'accroissement journalier en poids étant toujours plus considérable au début de l'engraissement que dans la suite, nous avons intentionnellement laissé de côté celui qui survint pendant les 20 premiers jours et nous ne l'avons compté qu'à partir du 21e jour.

Quand, par des pesées répétées, on se fut rendu un compte exact de l'accroissement hebdomadaire, on administra à chaque sujet, tous les matins, pendant quinze jours, 1 gr. d'acide arsénieux en poudre dans du son frisé. Les résultats de ces opérations sont condensés dans le tableau suivant :

RACES.	AGE.	POIDS VIF au début de l'engraissement.	GAIN journalier pendant la quinzaine qui précède l'administration de l'arsenic.	GAIN journalier pendant la quinzaine de l'administration de l'arsenic.	PERTE journalière pendant la quinzaine de l'administration de l'arsenic.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Charolaise	30 mois.	538	0,466	»	1,000
Ayr-Tarentaise. . . .	Id.	548	0,533	»	0,333
Tarentaise	Id.	570	0,666	1,400	»
Hollandaise.	18 mois.	480	0,133	0,866	»
Tarentaise	4 ans.	725	1,000	0,533	»

Il est impossible, on le voit, de tirer de cette expérience une conclusion ferme relative aux effets de l'acide arsénieux dans les conditions où il a été administré, c'est-à-dire sous forme pulvérulente. Sur deux animaux, il a eu des effets déplorables, produisant un mouvement de dénutrition qui s'est traduit par une perte allant à 1 kilogr. par jour sur un sujet et à 333 gr. sur l'autre alors que dans la période précédente, ces deux animaux avaient gagné chaque jour un demi-kilogr. en moyenne. Sur un autre bœuf, l'accroissement qui précédemment, en l'absence d'arsenic, avait été de 1 kilogr. par jour est tombé à 533 gr. lors de son administration. En regard de ces résultats, il faut opposer ce qui s'est passé sur un bœuf tarentais du même âge que les deux premiers, dont l'accroissement quotidien est passé de 666 gr. à 1kg,400 et sur un bouvillon hollandais de 18 mois, qui de 133 gr. a passé 866 gr. de croît chaque jour. Évidemment, l'individualité joue un rôle prépondérant ici : tel organisme

s'accommode de l'arsenic, tandis que tel autre en éprouve des effets aussi défavorables que possible. Ne semble-t-on pas autorisé par ces faits, — et les thérapeutistes dans leur domaine en ont observé assez souvent de semblables, — à dire que, dans la même espèce et dans la même race, les individus ne sont pas des terrains absolument identiques ?

Moutons. — Il a été pris quatre moutons du même âge, dont deux appartenant à la race de Southdown et deux métis Dishley-Merinos, il leur a été distribué une même ration composée pour chaque bête de : tourteaux de colza 500 gr. ; carottes 500 gr. ; et graine de foin 1 kilogr. Pour se renseigner sur leur puissance assimilatrice individuelle, on les a maintenus à cette ration, sans addition d'acide arsénieux pendant 27 jours, du 14 décembre 1877 au 10 janvier 1878. Les pesées, faites au commencement et à la fin de cette période, ont donné les chiffres suivants :

NUMÉROS.	RACES.	AGE.	PESÉE du début (14 décembre).	PESÉE de la fin (10 janvier).	GAIN total.	GAIN journalier.
			Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Grammes.
	Southdown . . .	10 mois	19,2	21,3	2,1	77,77
	Id. . . .	—	22,2	24,5	2,3	85,18
	Dishley-Merinos .	—	21,7	24,3	2,6	96,29
	Id. .	—	26,2	29,8	3,6	133,33

Après avoir ainsi tâté nos sujets, ils furent divisés en deux lots, dont l'un reçut de l'arsenic en sus de la ration indiquée plus haut et l'autre en resta privé et servit de témoin, en recevant rigoureusement la même ration. Dans le premier, on fit entrer les n°s 1 et 4 et dans le second les n°s 2 et 3. Nous avons débuté le 11 janvier au matin en donnant 15 centigr. d'acide arsénieux pulvérulent dans un peu de son frisé, à chaque bête du premier lot ; la semaine suivante, du 17 au 24, la dose a été doublée et portée à 30 centigr. Du 24 au 31, suspension ; la semaine suivante, du 1er au 6 février, administration quotidienne de 60 centigr. A ce moment, les résultats comparatifs obtenus sur les deux lots étaient les suivants :

NUMÉROS.	RACES.	POIDS au début de l'administration de l'arsenic (11 janvier).	POIDS à la fin de l'administration de l'arsenic (7 février).	GAIN total.	GAIN journalier pendant l'administration de l'arsenic.	GAIN journalier avant l'administration de l'arsenic.
		Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Grammes.	Grammes.
			A. — Lot soumis à l'arsenic.			
1	Southdown. . .	21,3	22,5	1.2	48	77,77
4	Dishley-Merinos.	29,8	32,7	2.9	116	133,33
			B. — Lot non soumis à l'arsenic.			
2	Southdown. . .	24,5	28,1	3.6	144	85,18
3	Dishley-Merinos.	24,3	25,8	1.5	60	96,29

Il ne semble guère nécessaire de faire remarquer que l'influence de l'arsenic administré ainsi, à faibles doses, a été nulle ; tous les animaux dans cette seconde période de l'expérience, sauf le n° 2, ayant perdu du poids, comparativement au gain journalier d'avant l'administration de l'arsenic, parce que intentionnellement on n'avait point touché à la ration pour en modifier la nature ou les rapports. Avions-nous donc été trop timide dans l'administration de l'acide arsénieux? Nous l'augmentâmes dans les proportions qu'on va voir, en l'entrecoupant de suspensions ; les résultats furent les suivants :

TABLEAU

DATES DES PESÉES.	POIDS.		PERTES journalières.		GAINS journaliers.	
	N° 1.	N° 4.	N° .	N° 4.	N° 1.	N° 4.
	Kilogr.	Kilogr.				
7 février.	22,5	32,7	»	»	»	»
14 février (on avait administré 1 gramme d'arsenic par jour pendant la semaine)	22,5	32,1	»	0,95	»	»
21 février (on avait suspendu l'administration de l'arsenic cette semaine).	22,9	32,9	»	»	0,57	0,114
28 février (on avait administré 1 gramme d'arsenic par jour cette semaine).	22,4	31,5	0,71	0,57	»	»
7 mars (on avait suspendu l'administration de l'arsenic cette semaine).	24,6	35,0	»	»	0,315	0,500
14 mars (on avait administré $1^{gr},30$ d'arsenic par jour cette semaine).	23,5	33,0	0,155	0,285	»	»

Les résultats furent d'une netteté qui fit juger inutile de pousser plus loin ; à chaque semaine où l'arsenic était donné, correspondait une diminution de poids des plus frappantes et quand on arriva à $1^{gr},30$ par jour, on obtint, sur le n° 4, une éruption à la face comme on en a signalé parfois dans l'espèce humaine à la suite de l'usage de la liqueur de Fowler. Ces doses sont donc trop élevées pour le mouton, elles entravent la nutrition, *sans pourtant irriter le tube digestif,* puisque les semaines suivantes, les sujets reprenaient du poids.

Il faut conclure de ces expériences que l'administration de l'acide arsénieux sous forme pulvérulente, n'est point à recommander pour les animaux polygastriques, moutons et bœufs. En effet, si les doses restent modérées, comme elles doivent l'être dans le cas particulier que nous envisageons, l'arsenic est noyé dans la masse alimentaire toujours si considérable chez les ruminants et n'a pas d'action. Si les doses sont augmentées, en raison de sa densité, l'arsenic tombe au fond du réseau, l'irrite et peut même le perforer ainsi que la paroi abdominale elle-même et provoquer une fistule.

Les observations déjà anciennes des professeurs de l'École vétérinaire de Dresde ont appris que le bétail des régions de la Saxe où l'on exploite des mines d'arsenic présentent parfois de pareilles lésions. Un de mes anciens élèves, aujourd'hui vétérinaire à Paray-le-Monial, M. Detroye, a publié il y a quelque temps une intéressante observation, confirmative de ce qui vient d'être dit ; il s'agissait d'une vache atteinte de pneumonie qui reçut, à titre thérapeutique et chaque jour, 1 gr. d'acide arsénieux en poudre. Après 37 jours d'administration, M. Detroye constata au niveau de l'épigastre une fistule de grandes dimensions.

II.

Administration de l'arsenic à l'état liquide.

La conclusion tirée de cette première série d'expériences m'amena à rechercher si, à l'état liquide, l'arsenic pouvait être avantageusement donné, à titre de condiment, aux ruminants qu'on engraisse. Ce sont les résultats des recherches exécutées dans cette direction que je me propose de faire connaître maintenant.

Lorsqu'on veut introduire un corps liquide dans l'organisme animal et lui faire produire des effets spéciaux, on peut l'administrer par le tube digestif, par la voie hypodermique ou par la voie intraveineuse. Le dernier mode exige une petite opération chirurgicale qu'on ne peut renouveler quotidiennement, comme cela est nécessaire quand il s'agit d'une substance telle que l'arsenic, qu'il faut injecter chaque jour pendant un laps de temps plus ou moins long. Il n'y avait donc pas à y songer dans le cas présent.

Restaient les deux premiers ; je les ai utilisés l'un et l'autre en commençant par la voie hypodermique qui permet mieux de se rendre compte des effets d'une substance médicamenteuse ou toxique que l'administration par la bouche. J'avais d'ailleurs, pour m'engager de ce côté, l'exemple de ce qui se pratique en médecine humaine où l'on injecte aux personnes atteintes de chlorose, à l'aide de la seringue Pravaz, deux à quatre gouttes de liqueur de Fowler dans les muscles du bras, chaque jour de la durée du traitement. On en

obtient de bons résultats et les accidents sont à peu près nuls au point d'injection si l'on s'entoure de toutes les précautions antiseptiques nécessaires.

§ 1. — *Administration de la liqueur de Fowler par voie hypodermique.*

Je me suis servi pour ces recherches de la liqueur de Fowler, préparation arsenicale très usitée et consacrée par l'usage dans les deux médecines.

Cinq moutons au sujet desquels on trouvera les renseignements nécessaires dans le tableau ci-après, choisis dans des conditions d'égalité aussi approximatives que possible, furent pris dans la bergerie de la ferme et destinés à suivre l'expérience en cours.

On les divisa en deux lots, l'un comprenant les deux sujets marqués des lettres B et C destinés à servir de témoins et ne recevant pas d'arsenic, l'autre renfermant les trois moutons A, D et E à qui on en injecta comme il va être dit.

Ces animaux, placés dans le même compartiment de la bergerie, reçurent une ration composée de foin, pulpe de betterave, orge et tourteau de coton. On les pesa chaque semaine et le résultat de ces pesées indicatrices des changements qu'ils éprouvaient dans leurs poids respectifs, est également consigné dans le tableau suivant :

TABLEAUX.

MARQUES.	RACES.	SEXE.	AGE.	30 DÉCEMBRE.	7 JANVIER.	14 JANVIER.	21 JANVIER.	28 JANVIER.	4 FÉVRIER.	11 FÉVRIER.	18 FÉVRIER.	25 FÉVRIER.	4 MARS.	11 MARS.	25 MARS.	RENDEMENT NET à la boucherie.	GAIN JOURNALIER avant l'arsenic.	GAIN TOTAL JOURNALIER.	GAIN JOURNALIER après l'administration.
				Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Gr.	Gr.	Gr.
	Lot non soumis à la liqueur de Fowler.																		
B	Mérinos	Mâle.	12 mois.	38	46	49	50	54	54	56	59	60	59	60	62	28,5	»	282	»
C	Dishley-mérinos.	Id.	Id.	28	29	34	36	40	45	46	46	47	50	47	51	24,5	»	270	»
	Lot soumis à la liqueur de Fowler.																		
A	Mérinos	Mâle.	12 mois.	25	30	32	33	35	38	39	40	Mort.	»	»	»	»	333	»	200
D	Dishley-mérinos	Id.	Id.	35	40	41	41	44	47	48	48	50	49	52	58	27	300	»	100
E	Mérinos	Id.	Id.	32	35	38	40	44	43	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Après avoir laissé tous ces animaux au régime de l'engraissement simple jusqu'au 29 janvier, afin de voir comment ils se comporteraient, on commence ce jour-là à injecter à la cuisse des trois moutons A, D, E, deux gouttes de liqueur de Fowler. A partir du vendredi 5 février, on injecte quatre gouttes. Des phlyctènes se déclarent à chaque piqûre ; elles sont larges comme une pièce de 20 centimes et douloureuses. Le 6 février, le mouton E a la cuisse énorme ; il reste continuellement couché et paraît souffrir beaucoup. Comme il refuse de manger, le fermier le vend de suite pour la basse boucherie. A partir du 13 février on injecte six gouttes aux deux moutons restants A et D. Le plat de chaque cuisse est garni de petites eschares allant de la largeur d'une pièce de 50 centimes à celle de 1 fr. et correspondant à chaque injection. A partir du 19, on fait injecter sept gouttes. Le mardi 23 février, mort du mouton A. L'autopsie faite immédiatement montre une très vive endocardite avec cœur en diastole, le foie est friable et de teinte noir plombé, les reins sont enflammés et ramollis, le poumon droit est engoué et du sang est épanché dans la poitrine ; quelques caillots dans les ventricules et les gros vaisseaux. L'autre mouton, qui pèse 10 kilogr. de plus, ne semble pas, à en juger par les apparences, incommodé par l'arsenic, mais, contrarié par la perte du sujet A, le fermier se refuse à continuer l'administration de la liqueur de Fowler.

Cette expérience nous apprend que la voie hypodermique n'est pas à recommander pour l'administration de la liqueur de Fowler au mouton, puisqu'il y a irritation locale et production d'eschares. Elle démontre la susceptibilité de l'espèce ovine pour l'arsenic et prouve combien est erronée l'affirmation qui, basée sur l'administration de cette substance par les voies digestives, présente le mouton comme peu sensible à son action.

Cette preuve est fournie par ce fait expérimental qu'un mouton de 38 kilogr. a été empoisonné mortellement pour avoir reçu sous la peau, dans l'espace de 25 jours, 110 gouttes de liqueur de Fowler ou $5^{cc},5$ (si l'on admet que 20 gouttes équivalent à 1 centimètre cube), représentant 53 milligr. d'acide arsénieux dissous, quantité qui correspond à 13 dix-milligr. ($0^{gr},0013$) par kilogr. de poids vif du mouton qui a succombé.

Enfin, notre expérience nous a montré — et c'est ce qui nous préoccupait tout particulièrement — qu'administré de la façon qui vient d'être décrite, l'arsenic n'a pas eu d'influence favorable sur l'engraissement, puisque même en faisant abstraction des animaux A et E et en ne considérant que le mouton D qui, objectivement, n'a jamais paru incommodé, on voit que son gain journalier a été de 300 gr. avant les injections de liqueur arsenicale et seulement de 160 gr. après.

La production d'eschares à la peau du mouton, mise en regard de l'innocuité des piqûres faites sur les bras dans l'espèce humaine, me fit faire quelques recherches comparatives sur les effets des injections hypodermiques chez quelques espèces animales. Ces expériences ont porté sur le chat, le chien et le pigeon. Elles ont montré que l'injection de quantités très minimes de liqueur de Fowler amène sur les pigeons des eschares analogues à celles qu'on voit sur le mouton ; une goutte suffit pour en produire une de la dimension d'une pièce de 20 centimes. Sur le chien et le chat, tant qu'on reste dans les doses thérapeutiques, on ne constate rien de semblable.

Pour clore cette série de recherches, il restait à voir si en poussant *d'emblée* sous la peau d'un mouton 0.13 milligr. d'arsenic, à l'état de liqueur de Fowler, par kilogr. de poids vif, on le tuerait.

Il n'en est rien ; en opérant sur un lot de bêtes ovines, il m'a fallu injecter hypodermiquement 25 centimètres cubes de liqueur de Fowler pour tuer un mouton de 21 kilogr. J'ai cherché concurremment quelle est la quantité de liqueur de Fowler qui, administrée également par la voie hypodermique, est susceptible de tuer le chat et le pigeon. Pour un chat du poids de $2^{kg},600$, il a fallu en injecter $2^{cc},5$ sous la peau ; pour un pigeon de 290 gr., 5 gouttes ont amené la mort au bout de 3 heures.

En synthétisant le résultat de ces divers essais, on voit qu'il faut :

860 milligr. de liqueur de Fowler pour tuer 1 kilogr. de poids vif de pigeon.

971 milligr. de liqueur de Fowler pour tuer 1 kilogr. de poids vif de chat.

$1^{gr},190$ milligr. de liqueur de Fowler pour tuer 1 kilogr. de poids vif de mouton.

Et en dégageant la quantité d'arsenic, on obtient les chiffres suivants :

86 dix-milligr. pour tuer 1 kilogr. de poids vif de pigeon ;

97 dix-milligr. pour tuer 1 kilogr. de poids vif de chat ;

119 dix-milligr. pour tuer 1 kilogr. de poids vif de mouton.

Si je ne m'abuse, il me paraît que les chiffres que je viens de citer ne sont pas sans intérêt pour la pratique vétérinaire et qu'ils expliquent bien la gravité et la rapidité des accidents qu'on voit survenir de temps à autre dans l'application des bains antipsoriques de Teissier, de Clément ou de Mathieu, puisque la proportion d'acide arsénieux vis-à-vis de l'eau qui lui sert de véhicule principal est la même dans ces préparations que dans la liqueur de Fowler.

En tous cas, mes essais montrent une fois de plus et avec une grande netteté qu'autre chose est introduire dans l'organisme chaque jour une quantité, si minime soit-elle, d'une substance toxique et autre chose en donner une dose équivalente en une seule fois. On ne saurait trop se pénétrer de cette vérité, sorte d'axiome thérapeutique, particulièrement applicable à l'arsenic.

L'accumulation de ce métalloïde dans l'organisme et son action spéciale sur les organes circulatoires et particulièrement sur l'endocarde, tiennent à ce que l'élimination reinale se trouve entravée dans le cas où l'administration est continuée sans interruption pendant quelque temps. Il y a une désorganisation progressive et continue des reins (l'autopsie du mouton A de notre série nous en a donné la preuve) qui empêche l'élimination et amène l'intoxication. Le conseil donné depuis longtemps d'interrompre de temps en temps l'administration des arsenicaux est des plus judicieux et ne devra jamais être perdu de vue par le praticien.

On dira également ici, incidemment, que les lésions de l'appareil digestif qui sont signalées au premier rang par les toxicologistes, font défaut quand l'administration de l'arsenic a été faite par la voie sous-cutanée. Si elles existent réellement, à la suite de l'administration par la bouche, il ne paraît pas qu'elles puissent être bien étendues quand ce corps a été donné à l'état solide, car nous avons vu qu'il s'accumule dans le réseau et ne va pas au delà et que les animaux d'expérience se remettent à manger avec grand appétit aussi-

tôt qu'on en cesse l'usage. Ce serait donc quand il a été donné à l'état liquide : mais l'irritation qu'il provoque est toute locale et de contact ; elle n'est point consécutive à une irritation générale ou la marque de l'élimination par la voie digestive comme on le voit, par exemple, à la suite de l'intoxication par le colchique. Les lésions générales et constantes portent sur les organes de la sanguification.

§ 2. — *Administration de la liqueur de Fowler par les voies digestives.*

On choisit dans la bergerie un groupe, composé de huit antenais, appareillés deux par deux quant à la race, et aussi semblables que possible. Un seul fait exception, il est inscrit sous le n° 6 ; n'ayant point tété sa mère, il est resté rachitique, arrêté dans son développement, sans appétit et d'un poids presque moitié moindre que les sujets de sa race et de son âge. On pense que l'expérience le concernant n'en sera que plus intéressante. Ces animaux sont divisés en deux lots de quatre sujets chacun, qu'on nourrit exactement de la même façon. Chaque lot reçoit $2^{k},500$ de regain, $1^{k},330$ de son, $4^{k},925$ de betteraves et 825 gr. de tourteau de colza. Du 15 décembre 1887, date du début de l'expérience, jusqu'au 25 janvier 1888, on ne fait aucune administration de liqueur de Fowler, cette période étant consacrée à voir comment ces animaux utilisent les aliments qui leur seront donnés.

A partir du 27 janvier, on fait distribuer 25 centimètres cubes de liqueur de Fowler à chacun des moutons n°s 2, 3, 6 et 7. Pour éviter toute perte, on imprègne un peu de pain par la liqueur arsenicale et on présente ce pain aux sujets d'expérience qui le mangent sans difficulté.

Les moutons n°s 1, 4, 5 et 8 servent de témoins et ne reçoivent pas d'arsenic. Rien n'est changé à la ration des deux lots.

A partir du 17 février, on distribue 50 centimètres cubes à chacun des quatre moutons n°s 2, 3, 6 et 7.

Cette quantité est portée à 1 gr. le 23 février, à 6 gr. le 1er mars et à 12 gr. le 8 mars. L'administration en fut continuée jusqu'au 14 mars, date à laquelle l'opération a pris fin.

On trouvera dans le tableau suivant l'indication des variations de poids sur les deux lots pendant toute la durée de l'expérience.

NUMÉROS.	SEXE.	RACE.	15 DÉCEMBRE 1887.	22 DÉCEMBRE.	29 DÉCEMBRE.	5 JANVIER 1888.	12 JANVIER	18 JANVIER.	25 JANVIER.	1er FÉVRIER.	8 FÉVRIER.	15 FÉVRIER.	22 FÉVRIER.	29 FÉVRIER.	7 MARS.	14 MARS.	GAIN JOURNALIER avant l'administration de l'arsenic.	GAIN JOURNALIER après l'administration de l'arsenic.	MOYENNE GÉNÉRALE.
			Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Kil.	Gr.	Gr.	Gr.
Lot non soumis à la liqueur de Fowler.																			
1	Femelle.	Millery	29	30	32	33	33	34	35	37	39	40	42	42	44	45	150	212	184
4	Id.	Charollais	24	26	26	27	28	28	29	30	31	33	33	33	35	36	125	149	137
5	Mâle.	Mérinos.	34	35	35	34	35	37	38	39	41	42	43	44	46	47	100	192	149
8	Femelle.	South-Solog.	26	29	29	31	31	32	33	35	35	37	38	39	40	42	175	192	184
Lot soumis à la liqueur de Fowler.																			
2	Femelle.	Millery	26	27	27	27	27	28	29	31	32	33	34	34	36	36	95	149	114
3	Mâle.	Charollais	28	31	32	32	32	32	34	34	36	37	39	39	40	40	150	127	137
6	Id.	Mérinos	19	21	21	21	22	24	25	27	29	32	34	36	39	39	150	300	230
7	Id.	Dishley-Barb	29	29	32	34	34	35	36	39	41	44	45	45	46	48	175	255	218

A partir du 27 janvier on commence l'administration de l'arsenic. (printed vertically between the 25 janvier and 1er février columns)

Les commentaires se déduisent d'eux-mêmes à la lecture de ce tableau. Dans le lot des sujets soumis à l'action de l'acide arsénieux, il en est un qui se détache très nettement. C'est le n° 6, antenais de race mérinos, que nous avons signalé particulièrement tout à l'heure et qui à l'âge d'un an ne pesait que 19 kilogr. Soumis à un régime d'engraissement, son poids augmenta de 150 gr. par jour, mais lorsqu'on lui administra en plus la liqueur de Folwer, son accroissement quotidien doubla et monta à 300 gr., chiffres qu'aucun autre sujet d'engraissement n'atteignit. Le mérinos qui lui servait de témoin, doté pourtant d'un grand appétit, ne gagna que 192 gr. chaque jour de la même période.

Nous pouvons donc conclure que, dans le cas spécial d'arrêt de développement, quand les animaux sont restés malingres, souffreteux, l'administration de la liqueur de Fowler peut être ordonnée à à l'intérieur; on en retirera d'utiles effets. On peut débuter pour le mouton par 25 centigr. et arriver graduellement jusqu'à 5 gr., dose qu'il importe de ne pas dépasser, car ainsi que le montre très bien le tableau ci-dessus, l'accroissement en poids s'arrête et la nutrition est entravée lorsqu'on va au delà.

Quant aux trois autres animaux qui, pleins de vigueur et d'appétit, ont été soumis également à la liqueur de Fowler, on ne peut conclure que cette administration ait eu quelque influence sur leur accroissement en poids et conséquemment sur leur engraissement. En effet, l'un d'eux, le charollais n° 3, qui, avant de recevoir de l'arsenic, avait gagné 150 gr. chaque jour, n'a plus augmenté que de 127 gr. quand on lui en distribua, et son gain moyen pendant toute la durée de l'engraissemment fut de 137 gr. par jour, exactement le même chiffre que fournit le charollais n° 4 qui lui servait de témoin et ne reçut jamais d'arsenic.

La bête de Millery n° 2, a augmenté de 149 gr. chaque jour, pendant la durée de l'administration de la liqueur de Fowler, mais la bête n° 1, de même race, qui lui servait de témoin et ne recevait pas d'arsenic, s'accroissait quotidiennement, dans le même temps, de 212 gr. Il est vrai que le troisième sujet d'expérience, métis dishley-barbarin, a présenté le maximum d'augmentation quotidienne, puisqu'il a gagné 255 gr. De nombreuses expériences sur l'alimentation

et l'engraissement faites depuis douze ans m'ont constamment montré que le sang dishley introduit par croisement ou métissage, amène toujours le maximum de puissance d'assimilation sur les métis. Dans le cas qui nous occupe, il en est vraisemblablement de même ; le sang dishley doit jouer le rôle principal, c'est à lui qu'il faut en rapporter le bénéfice plutôt qu'à la liqueur de Fowler. Aussi bien, si l'on voulait faire jouer quelque rôle à celle-ci dans le résultat obtenu, on serait toujours forcé de reconnaître que l'arsenic n'agit pas sur tous les sujets, mais sur quelques-uns seulement en vertu de l'individualité, et comme l'appréciation de l'individualité nous échappe, notre conclusion n'en serait pas modifiée, à savoir : que d'une façon générale, dans les opérations d'engraissement, il n'y a pas avantage à administrer l'arsenic aux ruminants.

III.

Sur quelques points de l'action de l'acide arsénieux.

L'exécution des expériences précédentes m'a fourni l'occasion d'examiner quelques points de l'histoire toxicologique ou thérapeutique de l'arsenic. Je vais faire l'exposé des recherches qui y sont relatives.

§ 1. — *L'emploi de l'acide arsénieux pendant l'engraissement pourrait-il rendre la viande dangereuse pour le consommateur?*

La question de savoir si l'acide arsénieux employé pendant quelque temps dans le cours de l'engraissement soit à l'état liquide, soit à l'état solide ne serait pas capable de rendre tout ou partie de la chair des animaux auxquels on l'a administré, dangereuse pour les consommateurs, est importante pour l'hygiène publique et l'inspection des denrées alimentaires. Dans une revue analytique des travaux scientifiques d'Italie publiée dans le *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie* [1], en divulguant l'emploi que quelques agriculteurs ita-

1. Voy. *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie,* année 1882, p. 497.

liens avaient fait de cette substance dans l'engraissement de leurs bestiaux, j'ai dit que, l'opinion publique s'étant émue de cette pratique, le ministre de l'agriculture avait chargé Ercolani et Selmi de rechercher si la consommation du lait ou de la viande provenant d'animaux ainsi engraissés présentait quelque danger pour la santé publique. La conclusion du rapport de ces savants fut que le lait, le foie, les poumons, la rate, les reins et la chair musculaire d'animaux, soumis même pendant plusieurs mois à des doses quotidiennes, mais modérées d'acide arsénieux, ne contiennent que des quantités minimes et conséquemment inoffensives du métalloïde en question. Mais l'émotion ne s'apaisa point à la suite de la publication de ce rapport et j'emprunte à une publication italienne, *Il Zootecnico,* numéro d'août 1884, de nouveaux renseignements sur ce sujet. En voici la traduction analytique : La question revint de nouveau devant le conseil supérieur de santé du royaume à l'occasion d'un arrêté du syndic de la commune d'Orbitello, qui prohibait formellement les viandes d'animaux engraissés par l'arsenic et d'une délibération du conseil sanitaire de la province de Grossetto qui réclamait la cessation de l'arsenic deux mois avant la vente pour la boucherie.

Le conseil supérieur, se basant sur les expériences d'Ercolani et de Selmi, se prononça pour l'innocuité des chairs, du lait, du sang et des viscères, mais il réclama de nouvelles expériences pour juger ce qui se rapporte aux centres nerveux, se basant sur l'affirmation de Scolusnboff disant que l'acide arsénieux s'accumule dans la matière nerveuse plus que dans toute autre partie de l'organisme, attendu qu'il se substitue peu à peu au phosphore dans la lécitine.

Le ministre de l'agriculture, au reçu de la délibération du conseil supérieur de santé, alloua une subvention à l'École vétérinaire de Bologne pour que de nouvelles expériences d'engraissement de ruminants fussent reprises avec adjonction d'arsenic à la ration. M. Cocconi, directeur de cet établissement, fut chargé de suivre ces expériences, en remplacement d'Ercolani décédé, et on confia à M. Strappa l'analyse des centres nerveux des animaux d'expériences.

On expérimenta sur une vache et une brebis en se servant, non d'acide arsénieux pulvérulent comme dans la première série d'expériences, mais d'une solution d'arséniate de soude, afin de se mettre

à l'abri des perforations du tube digestif qui sont à craindre quand on force les doses d'acide arsénieux en poudre. La solution était titrée de telle façon qu'elle contenait 2 centigr. d'acide arsénieux par centimètre cube.

On commença par administrer à la vache 5 centimètres cubes de solution, soit 10 centigr. d'arsenic, et on augmenta graduellement la dose de façon à arriver à 50 centigr. de solution, soit 1 gr. d'acide arsénieux. On ne put dépasser cette dose quotidienne sans faire apparaître l'inappétence, la fièvre et d'autres signes de malaise. Pendant toute la durée de l'expérience, la vache reçut $22^{gr},90$ d'acide arsénieux.

Pour la brebis, on débuta par 2 centimètres cubes de solution, soit 5 centigr. d'acide arsénieux et on augmenta graduellement la dose de façon à arriver à 30 centigr.; chiffre qu'on ne put dépasser sans provoquer de malaise. Cette brebis reçut en tout $4^{gr},85$ d'acide arsénieux.

M. Cocconi fait remarquer incidemment que cette expérience confirme ce qui était acquis depuis quelque temps déjà, l'activité plus grande de l'arsenic en dissolution qu'à l'état pulvérulent.

Après l'abatage, les centres nerveux de ces deux animaux furent remis à M. Strappa pour faire la recherche quantitative de l'arsenic qu'ils pouvaient contenir. Le cerveau de la vache pesait 412 gr. et la moelle épinière 175 gr. M. Strappa trouva que les deux parties de l'appareil nerveux analysés par lui contenaient à peu près la même quantité d'arsenic, soit 5 milligr. par 100 gr. de tissu nerveux.

Le cerveau de la brebis lui en décela $0^{gr},0003$ et la moelle épinière $0^{gr},00001$.

Ces résultats conduisirent MM. Cocconi et Strappa à conclure que la matière nerveuse, pas plus que les viscères et la chair musculaire provenant d'animaux qui reçoivent, à doses modérées, de l'arsenic pendant le cours de l'engraissement, ne contient une quantité suffisante du métalloïde vénéneux pour nuire à la santé publique. Leurs conclusions, confirmatives de celles de Johnson et Chittendan (1880), de Ludwig et Wagner (1881), de Guareschi (1883), infirment celles de Scolusnboff qui les avait provoquées.

De telles conclusions sont tout à fait rassurantes. S'il y avait eu quelque avantage dans l'usage de l'arsenic pour l'engraissement des bêtes de boucherie — ce qui n'est pas, nous l'avons prouvé, — et que l'emploi s'en fût généralisé, les consommateurs auraient pu bannir toute crainte d'empoisonnement et l'inspection de la boucherie n'aurait pas eu à se tenir en éveil de ce côté. On aurait eu d'ailleurs à se demander s'il n'y aurait pas d'énormes inconvénients à laisser cet agent devenir d'un usage courant dans le monde agricole, et si les vétérinaires n'auraient pas dû réfléchir à deux fois avant de signer des ordonnances pour le faire délivrer aux engraisseurs. Il me semble inutile de développer les craintes qui s'élèvent dans l'esprit à cette occasion, tout le monde les devine.

§ 2. — *L'arsenic et la cachexie aqueuse des moutons.*

Pendant l'automne de 1877, le troupeau de la ferme de l'École vétérinaire de Lyon fut ravagé par la cachexie aqueuse ; toutes les races, aussi bien celles d'origine anglaise que les indigènes, payèrent un large tribut au distome. Les toxicologistes enseignant que l'arsenic s'accumule dans le foie à la suite de son administration prolongée, il était indiqué de rechercher si cet agent n'aurait pas une influence favorable sur la maladie en tuant les parasites dans leur habitat ou en gênant considérablement leur développement.

Pour juger la question, nous avons choisi dans le troupeau 4 bêtes manifestement cachectiques, 2 moutons southdowns et 2 brebis de Millery. Nous les avons divisées en deux lots comprenant chacun une brebis et un mouton.

Chaque lot reçut la même alimentation composé de tourteaux de colza, de graines, de foin et de carottes, distribuées en quantité égale ; de plus, aux animaux du premier lot on fit prendre de l'acide arsénieux en poudre. On débuta par 15 centigr. qui furent administrés pendant 8 jours à chaque bête, on passa à 30 centigr. qui furent également donnés pendant 8 jours ; suspension du médicament pendant la semaine suivante, puis administration de 60 centigr., avec suspension puis reprise à 1 gr. qu'on continua pendant 15 jours. Nouvelle suspension et administration de 1^{gr},30, quantité qu'on ne

dépassa point, d'autres expériences parallèles sur des sujets sains ayant prouvé qu'on ne le pouvait sans danger.

Malgré ce traitement secondé par une nourriture choisie et abondante, la maladie n'a cessé de progresser, la dénutrition s'est accentuée de semaine en semaine, le 30e jour après le début du traitement arsenical, alors qu'elle recevait chaque matin 60 centigr. d'acide arsénieux, la brebis mourut. L'autopsie, faite avec soin, ne montra aucune lésion du tube digestif, rien qui trahît une action nocive de l'acide arsénieux, mais le foie était bourré d'un nombre énorme de distomes qui ne paraissaient nullement avoir été incommodés par le traitement.

Le mouton continua à recevoir l'acide arsénieux aux doses progressives indiquées plus haut. Quatre-vingt-quatre jours après le début du traitement, ne voyant aucune amélioration, aucun arrêt dans l'amaigrissement, on en suspendit l'administration. La mort survint 16 jours après et l'autopsie fit voir également que le tube digestif n'avait point souffert de la longue administration de l'arsenic et ne présentait aucune lésion, mais que les canaux hépatiques étaient obstrués par des paquets de distomes vivants.

Quant aux deux sujets cachectiques témoins, l'un mourut le 40e jour après le début de l'observation, l'autre, encore vivant au moment où le deuxième mouton du premier lot succomba, fut immédiatement vendu par M. Caubet pour la basse boucherie.

L'administration d'acide arsénieux en poudre, prolongée et poussée jusqu'au point extrême de tolérance de l'organisme, n'eut donc aucune influence sur la marche de la cachexie aqueuse du mouton.

Il restera à rechercher si l'on serait plus heureux en employant l'arsenic à l'état liquide, sous forme de liqueur de Fowler par exemple. Jusqu'ici l'occasion ne s'est pas présentée à moi d'exécuter ces recherches, mais je me propose de n'y point manquer si de nouveaux cas de cachexie se déclarent sur le troupeau de la ferme.

§ 3. — *Doses d'acide arsénieux toxiques pour la volaille.*

Les motifs qui avaient poussé quelques engraisseurs à se servir l'arsenic pour leurs bœufs et leurs moutons, pourraient aussi se présenter à l'esprit de ceux qui se livrent au gavage de la volaille.

C'est pourquoi j'ai cherché à être renseigné sur la susceptibilité des gallinacés pour l'arsenic, susceptibilité au sujet de laquelle les *traités de matière médicale* ou de *thérapeutique vétérinaire* sont muets.

On a choisi dans la basse-cour de la ferme deux poules bressanes, l'une du poids de 852 gr. et l'autre de 1,261 gr., que l'on enferma en volière en leur laissant de l'eau, du pain et des graines à discrétion. Le lendemain matin, on fait prendre à l'une de ces poules 2 centigr. d'arsenic pulvérulent enrobé dans de la mie de pain. On continue cette administration chaque matin pendant 14 jours, puis on pèse les deux volailles ; elles ont diminué de poids l'une et l'autre, sans doute par suite du maintien en captivité, alors qu'elles étaient habituées à vagabonder dans les cours de la ferme. Mais la poule qui a reçu l'arsenic n'a perdu que 4 grammes, tandis que sa compagne a diminué de 30 gr. Si l'on pouvait porter un jugement à la suite d'une expérience faite sur un si petit nombre de sujets, on conclurait qu'ici l'administration de l'arsenic a été favorable et a empêché la dénutrition : nous nous contenterons de dire qu'à cette dose, il n'a pas été nuisible.

Après avoir suspendu l'arsenic pendant 8 jours, on en reprend l'administration sur la même poule cette fois à la dose de 5 centigr.; dès le 3e jour de l'administration, on est convaincu par la tristesse, l'inappétence, la soif de la poule d'expérience, que la dose est trop élevée ; mais il peut n'être pas dépourvu d'intérêt de déterminer la dose toxique pour les gallinacés, on poursuit donc l'administration pendant 8 jours. La pesée faite alors donne pour cette bête une diminution de 182 gr., tandis que sa compagne qui sert de témoin a augmenté de 8 gr. Après cette pesée, on cesse toute administration d'arsenic, ce qui n'empêche point la mort de survenir 4 jours après. A l'autopsie, on trouve la bouche, l'arrière-bouche et l'œsophage à l'état normal, mais le jabot présente 7 à 8 ulcérations rondes, blanches, du diamètre d'un pois à celui d'une pièce de 20 centimes. Ventricule succenturié sain. Gésier présentant une seule mais large et profonde ulcération qui a rongé la membrane cornée et la médiane, mais la couche externe n'est pas perforée complètement. Intestin grêle vivement irrité, l'irritation s'efface peu

à peu dans la partie médiane du tube digestif pour reparaître à la portion terminale distendue par des fèces très ramollies, nageant dans un liquide biliaire extraordinairement abondant. Foie normal, mais vésicule biliaire distendue au maximum ; rate, reins, pancréas, cœur et poumons normaux.

Pour savoir s'il y avait un dépôt abondant d'arsenic dans le foie ou les reins de cette bête, on les fait avaler à la poule témoin après avoir eu soin de la tenir deux jours à la diète afin d'en affiner la susceptibilité et de favoriser l'absorption. Observée ce jour et les suivants, elle n'a jamais manifesté aucune trace de malaise et s'est jetée avec avidité sur les aliments quand on les lui a présentés. Ainsi une dose de 5 centigr. administrée pendant 8 jours de suite tue la poule ; quelle dose minimum serait toxique d'emblée ? On mélange 10 centigr. à de la mie de pain et on fait prendre à la poule survivante. Les deux jours suivants, rien d'appréciable, le 3e jour, tristesse et diminution d'appétit qui continue jusqu'au 8e ; puis le mieux se manifeste et le 12e jour l'oiseau ne se distingue en rien de ses compagnons de basse-cour au milieu desquels on le met en liberté.

On prend alors une autre volaille à laquelle on administre 15 centigr. d'acide arsénieux en poudre de la même façon qu'aux précédentes. Le lendemain matin, profonde tristesse, plumes hérissées, immobilité et retraite dans un coin de la cour. Le soir on constate une perforation du jabot et la sortie des graines prises la veille. Mort dans la nuit. Pas d'autres lésions constatées à l'autopsie, si ce n'est l'extrême distension de la vésicule biliaire.

En résumé, 15 centigr. d'acide arsénieux pulvérulent administrés en une seule fois suffisent pour tuer une poule de poids moyen, 10 centigr. la rendent très malade, mais ne la tuent pas. 5 centigr. administrés pendant 8 jours amènent la mort, 2 centigr. donnés pendant le même temps ne produisent aucun effet fâcheux.

CULTURE PERMANENTE

DU BLÉ ET DE L'ORGE

DANS LES

CHAMPS D'EXPÉRIENCES DE STACKYARD, WOBURN

PAR

SIR JOHN LAWES BART

L'intérêt si considérable qui s'attache aux expériences de sir J. Lawes et du docteur Gilbert, tient notamment à ce que les expériences culturales de Rothamsted ont été poursuivies avec une persévérance inébranlable dans une direction déterminée.

Depuis un demi-siècle bientôt, Lawes et Gilbert cultivent dans les mêmes champs, fumés régulièrement de la même manière (pour chaque parcelle), les mêmes espèces végétales : céréales, plantes fourragères, prairies, etc. Ces savants et patients expérimentateurs sont arrivés ainsi à constater d'une manière précise les écarts considérables dans les rendements, dus, d'une année à l'autre, aux conditions climatologiques et à l'influence de la nature de la fumure sur la productivité du sol ; grâce à ces longues séries de récoltes de blé sur blé, etc., ils ont pu éliminer, par l'obtention de moyennes, les actions météorologiques et indiquer au cultivateur les rendements *probables* sur lesquels ils peuvent compter, pour une période d'années, en employant telle ou telle fumure.

Les mémoires concernant l'ensemble des expériences exécutées à Rothamsted depuis l'origine, 1847 jusqu'en 1876, ont été résumés synthétiquement par M. A. Ronna sous le titre : *Trente années d'expériences agricoles,* par MM. Lawes et Gilbert (grand in-8°, Paris, 1877). Dans mon étude sur la *Production agricole en France* (voir ces *Annales*, t. II, 1884),

j'ai résumé, en ce qui concerne le blé, les résultats de la culture de cette céréale pendant quarante années consécutives sur le même sol avec ou sans fumure. Je renverrai nos lecteurs à l'ouvrage de M. A. Ronna et, pour les dix dernières années, à l'étude dont je viens de rappeler le titre.

L. Grandeau.

Les expériences de culture permanente de blé et d'orge ont été commencées dans les champs d'essais de Stackyard en 1877, et les résultats obtenus dans la décade de 1877 à 1888 ont été publiés dans le *Journal de la Société royale d'agriculture* : mais il nous a paru intéressant d'en présenter une vue d'ensemble.

L'influence des conditions climatériques sur nos récoltes est si considérable et les différences, de saison à saison, si grandes, qu'on peut toujours craindre des mécomptes en tirant des conclusions basées sur les rendements obtenus dans le cours d'une ou deux années. Bien que le climat moyen d'une dizaine d'années ne soit pas nécessairement celui des dix années qui les ont précédées ou des dix qui les suivront, on est cependant en droit de tirer, des faits constatés dans une telle période, quelques conclusions importantes pour l'agriculture, étant donné que les dispositions adoptées au début des expériences n'ont pas subi de sérieuses modifications.

En ce qui concerne les expériences des champs de Stackyard, le plan arrêté, dès l'origine, était convenablement adapté à l'étude comparative des engrais sur blé et orge ; par suite, ces essais devaient jeter quelque lumière sur l'accumulation de fertilité dans le sol où ils ont été faits. Ce plan a été suivi sans modifications ou, quand il en a été introduit quelques-unes, leurs résultats ont mis en évidence plusieurs faits intéressants. Le tableau suivant résume les résultats de dix années (1877-1886) de culture permanente de blé et d'orge sur le même sol. Il donne les rendements maxima et minima pour chacune des récoltes ; la moyenne des rendements maxima et minima ; la moyenne générale des rendements des dix années, le poids par hectolitre [1] du grain récolté et le poids en quintaux métriques de la paille.

---

1. J'ai transformé toutes les mesures anglaises en mesures métriques ; ces récoltes sont donc indiquées en hectolitres et en quintaux et rapportées à l'hectare.

L. G.

Moyennes des rendements obtenus à Stackyard dans la période décennale 1877-1886.

(Rendements rapportés à l'hectare.)

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DES FUMURES.	GRAIN RÉCOLTÉ : Maxima.	Minima.	Moyenne des maxima et des minima.	MOYENNES GÉNÉRALES.	POIDS DE L'HECTOLITRE.	PAILLE.
		Hect.	Hect.	Hect.	Hect.	Kil.	Q. m.
	Blé.						
1	Sans fumure	22.98	8.62	15.90	15.09	70.4	22.14
7	Sans fumure	23.95	6.74	15.35	15.53	70.2	21.50
4	Engrais minéral[1]	25.33	9.34	17.34	15.90	70.9	22.91
2	224 kilogr. sels ammoniacaux	36.20	10.33	23.26	22.81	70.5	31.07
3	308 kilogr. nitrate de soude	36.83	9.43	23.17	21.65	68.6	31.69
5	Engrais minéral + 224 kilogr. sels ammoniacaux en couverture (au printemps)	41.40	11.67	26.59	28.29	72.1	40.17
6	Engrais minéral + 308 kilogr. nitrate de soude en couverture (au printemps)	40.60	12.57	26.59	29.10	72.1	43.48
8 *b*[2]	Engrais minéral + 448 kilogr. sels ammoniac.	43.83	24.25	33.01	34.85	72.6	32.88
8 *a*[2]	Engrais minéral	29.19	11.95	20.57	18.32[4]	73.0	22.24
9 *b*[3]	Engrais minéral + 616 kilogr. nitrate soude	45.80	23.45	34.67	33.41	72.1	55.55
9 *a*[3]	Engrais minéral	19.67	10.97	15.35	15.36[4]	72.6	21.50
	Orge.						
1	Sans fumure	30.54	17.14	23.89	24.14	64.6	19.61
7	Sans fumure	29.91	11.68	20.83	20.66	63.6	17.10
4	Engrais minéral[1]	30.18	10.60	20.39	20.93	61.6	16.95
2	224 kilogr. sels ammoniacaux	45.97	24.34	35.21	35.39	64.0	29.19
3	308 kilogr. nitrate de soude	46.34	19.30	32.87	36.28	64.4	31.51
5	Engrais minéral + 224 kilogr. sels ammoniacaux en couverture (au printemps)	46.70	25.78	36.20	38.62	66.5	32.80
6	Engrais minéral + 308 kilogr. nitrate de soude en couverture (au printemps)	52.30	24.50	38.26	41.32	66.1	37.82
8 *b*[2]	Engrais minéral + 448 kilogr. sels ammoniac.	55.19	27.66	41.95	45.98	64.9	42.05
8 *a*[3]	Engrais minéral	41.68	23.80	32.78	33.23[4]	66.8	26.52
9 *b*[3]	Engrais minéral + 616 kilogr. nitrate soude	60.00	33.23	16.62	17.87	65.3	31.26
9 *a*[3]	Engrais minéral	33.41	33.86	24.19	30.98[4]	67.1	20.78

1. Par engrais minéral, il faut entendre le mélange suivant employé depuis 50 ans, à Rothamsted, par sir Lawes et Gilbert dans leurs expériences de culture : 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie et 440 kilogr. superphosphate de chaux.

2. Ne formaient qu'un lot jusqu'en 1881. Depuis cette époque, le champ a été divisé en deux parties *a* et *b*, et l'un a alterné les fumures, tous les ans sur ces deux parcelles. Une moitié 8 *a* a reçu en 1882 l'engrais minéral seul, et l'autre moitié 448 kilogr. à l'hectare de sels ammoniacaux, comme les années précédentes. En 1883, 8 *a* a reçu l'engrais minéral et l'addition de sels ammoniacaux, et 8 *b* l'engrais minéral seul, et ainsi de suite, d'année en année.

3. Même plan que pour la parcelle 8 avec cette différence que les sels ammoniacaux ont été remplacés par 616 kilogr. de nitrate de soude.

4. Moyennes de 5 années seulement, 1882 à 1886.

Commençons par examiner les résultats des expériences sur le blé. On est frappé, tout d'abord, de l'influence extraordinaire que les conditions climatériques exercent sur une plante traitée à tous autres égards, de la même manière, d'année en année.

Le sol sans fumure a produit trois fois plus dans une année que dans l'autre. Sur la parcelle fumée au nitrate de soude seul, une année on a récolté $36^{hl},80$, une autre année $9^{hl},34$ seulement : par conséquent, quatre fois plus une année que l'autre. Des différences aussi considérables dans les rendements prouvent, à l'évidence, la nécessité de poursuivre les expériences, sans y rien changer, pendant un certain laps de temps, et l'impossibilité de tirer des conclusions de quelque valeur d'essais culturaux, si bien conduits qu'on les suppose mais limités à une durée d'un an ou deux.

Dans la 3ᵉ colonne du tableau figurent les rendements moyens des meilleures et des plus mauvaises récoltes des dix années, et la 4ᵉ colonne donne la moyenne générale de tous les rendements de la période décennale. Cette colonne appelle la remarque suivante : il est digne d'attention que la moyenne des meilleures et des plus mauvaises récoltes fournit un chiffre qui se confond presque exactement avec la moyenne générale de la période.

Laissant de côté les parcelles 8 *a* et 9 *a* qui ne sont en expérience que depuis 5 ans, on constate que la moyenne des neuf autres expériences indique des rendements absolument identiques ; soit 24 hectolitres pour la moyenne générale et pour celle des meilleures et des plus mauvaises récoltes. Les deux parcelles restées sans fumure et dont les rendements sont très peu différents ont produit un peu plus de $15^{hl},25$ à l'hectare, tandis que la parcelle qui a reçu un approvisionnement en matières minérales (sans azote) suffisant pour produire une abondante récolte, n'a pas donné un rendement plus élevé d'une manière appréciable ($15^{hl},9$). D'autre part, les engrais tels que les sels ammoniacaux et le nitrate qui apportent de l'azote mais ne contiennent ni acide phosphorique ni potasse, ont augmenté le rendement en grains à l'hectare de plus de 5 à 6 hectolitres. L'ammoniaque ou le nitrate ajoutés à l'engrais minéral de la parcelle 4 ont porté les rendements à $22^{hl},8$ et $21^{hl},85$. Avec la même quantité d'engrais minéral, mais en employant le double de sels ammonia-

caux ou de nitrate les rendements sont montés à $34^{hl},85$ (ammoniaque) et à $33^{hl},04$ (nitrate), par hectare.

Parlant d'une façon générale, on peut dire que l'engrais minéral employé seul n'a pas augmenté les rendements, tandis que l'ammoniaque et l'acide nitrique, sans addition d'engrais minéral, ont accru la récolte de 6 hectolitres à l'hectare. Quand l'engrais minéral a été appliqué avec cette même dose d'azote, une nouvelle augmentation de 6 hectolitres à l'hectare s'en est suivie et enfin, à dose double, l'azote avec fumure minérale a encore produit un nouvel accroissement de près de 6 hectolitres.

Dans toutes les expériences, le poids de l'hectolitre du grain récolté est faible, résultat qui a été généralement constaté dans le cas de culture permanente du blé dans le même sol. Dans toutes les parcelles fumées au nitrate, le rendement en paille a dépassé celui des parcelles traitées par les sels ammoniacaux.

Arrivons maintenant aux expériences sur l'orge. Bien que l'influence du climat sur les rendements soit ici encore considérable, il semble que les fluctuations dues à cette cause soient beaucoup moindres que dans le cas du blé. Cela tient à ce que l'on sème l'orge au printemps, ce qui fait qu'elle échappe ainsi aux vicissitudes des mois d'hiver. De plus, le climat de la Grande-Bretagne est beaucoup plus favorable à la culture de l'orge qu'à celle du blé ; enfin il faut ajouter que la structure du sol de Stackyard convient mieux aussi à l'orge qu'au froment. Par tous ces motifs, on pouvait s'attendre à ce que les récoltes d'orge fussent supérieures à celles du blé, aussi bien dans les sols fumés que dans les terres sans fumure. Pour certaines causes, peut-être à raison de légères différences dans la texture physique du sol, les deux parcelles sans fumure ont donné des rendements moyens sensiblement différents, l'une a produit $23^{hl},83$, l'autre $20^{hl},83$ seulement à l'hectare. Mais comment la parcelle qui a reçu l'engrais minéral n'a donné que $20^{hl},39$, il est probable que ce dernier chiffre représente plus exactement le rendement du sol sans fumure que le chiffre de $23^{hl},83$ obtenus sur la parcelle 1.

Comme pour le blé, l'addition d'engrais minéral seul n'a produit aucun accroissement de récolte. Au contraire, l'emploi des sels am-

moniacaux et du nitrate, qui a accru le rendement en blé de 6 hectolitres seulement à l'hectare, a produit une augmentation, en orge, de $14^{hl},37$ et $15^{hl},26$. Ce fort excédent du rendement en orge, par rapport au froment, sous l'influence de l'acide nitrique et de l'ammoniaque seuls, est dû, sans doute, à la différence des caractères des racines de ces deux plantes. Le blé exige un sol plein, solide, et les racines s'enfoncent profondément dans le sous-sol, tandis que l'orge demande un sol très meuble et ses racines prennent leur nourriture près de la surface de la terre.

Or à Stackyard c'est la partie superficielle du sol qui possède un large approvisionnement de fertilité. Aussi, tandis que l'emploi de l'ammoniaque et du nitrate a produit un accroissement de 14 à 15 hectolitres sur le rendement du sol sans fumure, l'addition d'engrais minéral a donné un accroissement de rendement de $2^{hl},70$ et de $5^{hl},38$ seulement. En doublant la proportion des sels azotés, on a obtenu, avec l'ammoniaque, $6^{hl},28$ en plus, la récolte s'élevant à $41^{hl},95$ à l'hectare et, avec le nitrate, même accroissement portant le rendement à $46^{hl},62$. Dans tous les cas, pour l'orge, le nitrate a donné des rendements en grain et paille supérieurs à ceux qu'ont fourni les sels ammoniacaux, tandis que, pour le blé, le nitrate n'a augmenté que le rendement en paille, mais non celui en grains. La comparaison générale des expériences sur orge et blé présente des concordances remarquables pour les deux céréales : lorsque apparaissent des divergences, elles s'expliquent par les caractères différents des deux plantes.

Il peut paraître étrange, au premier abord, que tandis que le blé sans fumure donne seulement 15 hectolitres à l'hectare, l'orge en produise 20 hectolitres. Mais si, au lieu de prendre l'hectolitre comme mesure du rendement, nous prenons le *poids* total de la récolte, grain et paille, nous constatons de très petites différences dans la quantité totale de matière produite. Le froment a une tendance à produire une plus forte proportion de paille que l'orge pour un poids donné de grain.

Considérons les plus hauts rendements obtenus pour les deux récoltes, celle où l'orge a donné 13 hectolitres à l'hectare de plus que le blé, le produit total à l'hectare, grains et paille, s'élève pour le blé

à 8 018 kilogr. et pour l'orge à 7 928 kilogr. L'engrais, par conséquent, a produit une somme de travail égale dans les deux cas, donné naissance à la même quantité de substance sèche : la quantité d'acide carbonique décomposé par la récolte et celle de carbone fixé ont été identiques. Les seules différences qui puissent être constatées dépendent des habitudes spéciales à chaque plante, l'une produisant plus de paille, par rapport au grain (blé), que l'autre.

Un des faits les plus importants que ces expériences mettent en évidence avec une clarté parfaite, c'est l'impossibilité absolue d'augmenter le rendement des céréales par les engrais minéraux en l'absence d'une quantité convenable d'azote dans le sol. Ces essais établissent assez nettement que l'azote doit exister dans le sol à l'état de l'acide nitrique.

Si, par conséquent, on emploie comme fumure un sel ammoniacal, il doit d'abord nitrifier avant d'être absorbé par la plante [1].

L'azote nitrique étant un engrais si favorable à la production des céréales, son emploi économique dépend beaucoup de son prix et de la quantité de produits qu'on peut obtenir à son aide. Comme les poids de sels ammoniacaux et de nitrate employés dans ces expériences ne sont pas l'unité usitée dans les achats, nous rendrons peut-être les évaluations plus claires pour les cultivateurs en prenant pour base des accroissements de rendement une fumure de 100 kilogr. de sulfate ou de nitrate.

L'excédent de rendement du blé par la fumure minérale additionnée de sels ammoniacaux, sur la fumure minérale seule, a été de $12^{hl},1/2$ à l'hectare ; cette augmentation a été produite par 224 kilogr. de sels ammoniacaux, correspondant à 56 kilogr. d'ammoniaque à l'hectare. 100 kilogr. de sulfate d'ammoniaque contenant $24^{kg},2$ d'ammoniaque ont accru le rendement de $5^{hl},44$. Le même mode de calcul appliqué au nitrate donne, pour 100 kilogr., un accroissement de $4^{hl},36$. Pour l'orge, nous trouvons que 100 kilogr. de sulfate d'ammoniaque ont produit un accroissement de

---

1. Les expériences récentes de M. A. Müntz ont prouvé la possibilité de l'absorption directe du sulfate d'ammoniaque par les racines, mais en culture, il est probable que la nitrification de l'ammoniaque précède l'assimilation de l'azote. L. G.

$7^{hl},63$; le même poids de nitrate a donné un excédent de rendement de $6^{hl},54$. Si ces résultats pouvaient être obtenus dans la pratique ordinaire, il en résulterait un profit considérable pour le cultivateur. Dans les essais de Stackyard, l'augmentation de rendement d'un hectolitre d'orge a été obtenue avec une dépense de 3 fr. 47 c. en nitrate.

Qu'un pareil accroissement de rendement n'est pas obtenu dans la culture ordinaire, cela est évident. Cela tient à deux causes principales : premièrement à la distribution imparfaite de l'engrais à la surface du champ ; deuxièmement, et c'est peut-être là la cause la plus importante, à la masse des mauvaises herbes que porte le sol. Les mauvaises herbes prospèrent vigoureusement sous l'influence du nitrate qu'elles utilisent aux dépens des céréales. Il est vrai que, dans ce cas, l'acide nitrique n'est pas complètement perdu ; le labour enterre les mauvaises herbes qui, en se détruisant dans le sol, servent ultérieurement à lui restituer de l'azote nitrique. Mais l'effet immédiat de la présence des mauvaises herbes est de rendre nécessaire l'emploi d'une plus grande quantité d'acide nitrique pour produire la même somme de travail nutritif.

Bien que les résultats obtenus dans les champs d'expériences de Stackyard soient beaucoup plus élevés que ceux que fournit la pratique ordinaire, étant données l'absence absolue de mauvaises herbes et la parfaite répartition de l'engrais, il y a cependant encore à Stackyard un écart considérable entre les quantités d'azote contenues dans la fumure et celles qu'assimilent la récolte. Si nous considérons les parcelles d'orge à l'engrais minéral et celles au nitrate qui révèlent un excédent de récolte de plus de 3,500 kilogr. à l'hectare, en grain et paille, en faveur de cette dernière, il est probable que moins des deux tiers de l'azote appliqué en fumure se retrouvent dans la récolte.

Il est, en tous cas, certain que dans la pratique agricole ordinaire beaucoup moins de la moitié seulement de l'azote nitrique ou ammoniacal employés se retrouvent dans la récolte.

Les expériences de Stackyard jettent quelque jour sur la destinée d'une partie de l'azote non utilisé. Dans les cinq dernières années, une portion des parcelles en blé et en orge qui ont reçu une année de l'engrais minéral associé à de l'ammoniaque ou à de l'acide

nitrique, n'ont eu l'année suivante que de l'engrais minéral seul. Dans les cultures de blé, la récolte sur engrais minéral qui suivait la récolte sur engrais minéral et azote n'a accusé aucun excédent de rendement sur la récolte obtenue dans les parcelles constamment fumées avec engrais minéral seul. Là où les sels ammoniacaux ont été appliqués, il y a eu un excédent de 2^{hl},75 de grain par hectare, mais aucun gain en paille. Pour l'orge, le gain causé par le nitrate appliqué l'année précédente a été de 9^{hl},88 de grain et de 345 kilogr. de paille à l'hectare, tandis que l'excédent produit par les sels ammoniacaux de l'année précédente a été de plus de 12^{hl},1/2 et d'environ 1000 kilogr. de paille à l'hectare.

Tout cela est fort intéressant et nous enseigne que nous ne devons pas mettre trop de hâte à proclamer que l'ammoniaque et les nitrates sont entièrement épuisés par la première récolte de grain à laquelle ils ont été appliqués. Ici nous avons affaire à un sol très léger, sans végétation depuis le mois d'août d'une année jusqu'au printemps de l'année suivante et qui retient une quantité de sels solubles suffisante pour produire 10 hectolitres et 12^{hl},5 d'orge à l'hectare. Combien plus grande doit être cette réserve dans le cas d'autres récoltes dont la période de végétation dure plus longtemps et qui possèdent un appareil radiculaire plus puissant que les céréales ? C'est impossible de le dire exactement. Mais il est évident que c'est là un sujet d'étude d'un grand intérêt qui touche de tout près à la question de la valeur des engrais résiduaires et que la science, d'une façon ou d'autre, doit prendre en main.

Dans une conférence sur les plantes-racines qu'il a donnée récemment à Cirencester, le Dr Gilbert a examiné l'influence des engrais azotés sur l'accroissement de rendement des récoltes en substances non azotées. Il a montré que dans les champs de Rothamsted, depuis longtemps cultivés en racines, nous obtenons un excédent de 9 kilogr. de sucre environ dans les betteraves, par livre (453^{gr}) d'azote appliqué en fumure. Dans les grains des céréales, c'est de la fécule et non du sucre qu'on rencontre, mais il est probable qu'un calcul du même genre montrerait que l'accroissement d'amidon, par l'emploi d'une livre d'azote, ne diffère pas beaucoup de l'excédent de sucre produit dans la betterave.

L'accroissement considérable de rendement du blé, celui plus élevé encore de l'orge, sous l'influence des sels ammoniacaux et du nitrate, montrent combien doit être grand l'approvisionnement du sol en matières minérales. Nous ne devons, cependant, inférer de là que ces récoltes enlèvent une même quantité de potasse et d'acide phosphorique que les plantes dans les conditions ordinaires.

A certains égards, les plantes ressemblent aux hommes et aux animaux : lorsque l'alimentation est abondante, elles y puisent ce qu'il y a de mieux et parfois elles en prennent plus qu'elles n'en peuvent utiliser : lorsque les aliments sont rares ou de qualité inférieure, elles font comme elles peuvent et pour le mieux. Dans quelques-uns de nos essais sur l'orge, où l'azote, l'acide phosphorique et la potasse et les mêmes quantités d'azote et d'acide phosphorique, sans potasse, ont été employées pendant un certain nombre d'années consécutives, la récolte a été la même dans les deux cas.

Mais, tandis que la paille, dans un cas, contenait 22 kilogr. de potasse, dans l'autre elle en renfermait moins de 3 kilogr. Si la plante n'était pas économe, nos sols constamment cultivés, sans une restitution suffisante des principaux aliments du végétal, seraient bien plus vite épuisés qu'ils ne le sont en réalité.

Quoique ce large accroissement des récoltes de blé et d'orge, obtenu dans les expériences de Woburn par l'emploi des sels ammoniacaux et du nitrate, ne puisse être atteint dans la pratique ordinaire de nos fermes, il est cependant absolument certain qu'avec plus de soin et d'attention, relativement aux conditions nécessaires pour assurer le succès, on pourrait obtenir de beaucoup plus forts rendements, pour une quantité donnée d'engrais, qu'on ne le fait aujourd'hui. Maintenant que nous possédons dans différents comtés d'importantes expériences placées sous la direction de praticiens éclairés, nous pouvons espérer une diffusion beaucoup plus rapide des connaissances relatives à l'action des engrais et du bétail. Cette courte analyse de dix années d'expériences soigneusement suivies à Woburn ne saurait manquer d'ajouter beaucoup à nos connaissances sur la valeur des engrais et pourrait servir de guide à ceux qui cultivent la science dans ses rapports avec la pratique agricole.

BIBLIOGRAPHIE

Moniteur scientifique du Dr Quesneville.

TOME XXIX (1887).

G. GOLDSCHMIDT. Recherches sur la Papavérine, p. 10-15.

— Sur l'alcoolisation du vin ; séances de l'Académie de médecine, p. 66-89. Voir sur le même sujet le *Moniteur scientifique* de 1886, p. 997-1032 ; p. 1201-1212 ; p. 1358-1359 et p. 1403-1409.

— Sur le dosage de l'azote d'après KJELDAHL, p. 141-148.

Cet article, traduit de l'allemand, indique les diverses modifications proposées jusqu'à ce jour pour ce procédé nouveau et donne la marche à suivre pour ces sortes de dosages.

A. STUTZER et C. REITMAIR. Détermination des huiles empyreumatiques dans les spiritueux, p. 149-153.

— L'acide salicylique, son emploi dans les substances alimentaires ; séance de l'Académie de médecine, p. 203-215.

Dr G. PENNETIER. Recherche de la farine dans le chocolat, p. 249-250.

N. ANDERSON. Sur la purification de l'eau, p. 423-430.

M. WALTER-TATE. Sur la redondite et sa valeur pour la fabrication des phosphates, p. 438-441.

Ch. MALOT. Titrage de l'acide phosphorique par l'azotate d'urane, p. 487.

L'auteur propose de supprimer le procédé à la touche avec le ferro-cyanure de potassium et de le remplacer par la teinture de cochenille employée comme indicateur. Après avoir précipité l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, on dissout le précipité dans l'acide azotique étendu. Dans cette dissolution on verse quelques gouttes de teinture de cochenille (préparée par le traitement des cochenilles par l'eau bouillante) puis de l'ammoniaque jusqu'à coloration violette et deux ou trois gouttes d'acide azotique pour aciduler de nouveau. Ce liquide, porté à 100°, est additionné de cinq centimètres cubes d'acétate de soude et titré avec l'azotate d'urane.

L'azotate d'urane produit, dans le liquide à essayer, une tache vert bleuâtre qui disparait par l'agitation en laissant apercevoir la couleur rose de la cochenille ; on reconnait que la précipitation est achevée au moment où la teinte vert bleuâtre devient persistante.

Dr J. EFFRONT. Contribution à l'étude des produits de la saccharification de l'amidon, p. 513-541.

REISCHAUER. Recherche analytique de la saccharine, p. 561.

On laisse digérer à froid, avec 200 cent. cubes d'éther, une centaine de grammes du sucre pendant quelques heures. L'éther syphonné et filtré dissout une partie de la saccharine qu'on retrouve dans le résidu de la distillation de l'éther.

On caractérise la saccharine en chauffant doucement le résidu dans un creuset de platine avec six parties de carbonate de soude pur et portant ensuite au rouge sombre. La saccharine renferme du soufre qui se transforme en acide sulfurique.

W. O. Atwater et E. W. Rockwood. Sur la perte de l'azote par les plantes pendant la germination, p. 641-653.

W. O. Atwater. Sur la mise en liberté de l'azote (dans ses composés) et l'absorption de l'azote atmosphérique par les plantes, p. 653-669.

G. Hurst. Sur la méthode Valenta pour l'essai des huiles, p. 669-673.

— Nouveaux procédés d'analyse des matières alimentaires. — Recherche de traces d'aldéhyde dans les alcools et esprits, p. 769. — Coloration artificielle des vins et analyse des vins vieux, p. 770-779. — Différences entre le beurre naturel et ses substituts industriels, p. 779.

R. Warrington. Sur la distribution du ferment nitrique dans le sol, p. 801-810.

Cliffard-Richardson. Analyse des engrais commerciaux, d'après les procès-verbaux de l'assemblée des chimistes agriculteurs de Washington, p. 889-906.

Fr. Schwakhofer. La falsification et la fabrication de la bière, p. 1017-1026.

Henri Fischer. Les bactéries dans les brasseries, p. 1026-1033.

Dr Hansen. La culture pure de la levûre, p. 1033-1038.

Lindo. Réactions nouvelles du sucre, p. 1087-1090.

H. Leplay. Endosmose de Dutrochet, analyse osmotique ou osmose de Dubrunfaut, dialyse de Graham, p. 1401-1416.

E. Fischer et J. Tafel. Synthèse de la glucose, p. 1475-1477.

Die Landwirthschaftlichen Versuchsstationen.

TOME XXXIV (1887).

Dr A. Emmerling. Étude sur les matières albuminoïdes dans les plantes, p. 1-91.

L'objet principal de ce travail est l'étude de la répartition des acides amidés et des autres principes azotés dans les plantes aux diverses périodes de la végétation.

Les analyses très complètes publiées à l'appui de ce mémoire ont porté sur des fèves.

John Sebelien. Sur l'influence de l'acidité de la crème sur le rendement en beurre, p. 93-108.

On trouve que moins la crème est acide et plus vite elle se prend en beurre ; que, de plus, l'acidité de la crème diminue la proportion de matière grasse.

Dr J. Ritzema Bos. Contribution à l'étude des animaux nuisibles à l'agriculture, p. 109-126 et p. 355-378.

Adolphe Mayer. Importance physiologique d'un dégagement d'oxygène observé sur des plantes grasses en l'absence de l'acide carbonique, p. 127-143.

F. Benecke. Emploi du tourteau de ricin pour la falsification d'autres tourteaux ; avec 6 planches, p. 145-162.

Dr J. Gannersdorfer. Phénomènes d'empoisonnement observés sur des plantes, par les sels de lithine, aves 3 planches, p. 171-206.

M. Weilandt. Action de l'acide phosphorique libre et des superphosphates sur les carbonates alcalino-terreux, p. 207-215.

Dr Otto Pitsch. Recherches entreprises en vue de savoir si les nitrates sont ou non indispensables pour le développement des cultures agricoles, avec 3 figures, p. 217-258.

Dr A. Baumann. Sur le dosage de l'ammoniaque dans le sol, p. 259-276.

Dr E. Fricke. Dommages causés à diverses cultures par des fumiers d'établissements métallurgiques, p. 277-283.

Dr H. Weiske. Sur l'importance de l'asparagine comme aliment pour les animaux, p. 303-310.

Dr F. W. Dafert. Contribution à l'étude du procédé de Kjeldahl, pour le dosage de l'ammoniaque, avec 4 figures et 1 planche, p. 311-353.

Dr H. Immendorff. Détermination quantitative de la chaux dans les scories de déphosphoration, les phosphorites et d'autres matières minérales, p. 379.

Dr L. Richter. Sur l'huile de *Lallemantia iberica*, p. 383-390.

L. Hiltner. Les bactéries dans les fourrages et les semences, p. 391-402.

E. Schulze et Th. Seliwanoff. Sur la présence du sucre de canne avant maturité dans des tubercules de pomme de terre, p. 403-407.

E. Schulze. Sur la recherche du sucre de canne dans les substances végétales, p. 408-413.

Th. Seliwanoff. Contribution à l'étude de la composition de germes étiolés de pomme de terre, p. 414-417.

L. Buhring. Sur le dosage de la matière grasse dans les fourrages, p. 419-423.

V. Dircks et F. Werenskiold. Sur la détermination de l'acide phosphorique rétrogradé, p. 425-453.

Landwirthschaftliche Jahrbücher.

(*Annales agronomiques* publiées par le Dr Thiel.)

TOME XVI (1887).

Ed. Stoessner. Influence de la profondeur des ensemencements sur le développement des céréales, p. 1-133.

Dr W. Ellenberger et Dr V. Hofmeister. Étude sur la digestion des animaux domestiques, p. 201-280.

Cette étude comprend : l'exposé des phénomènes mécaniques de la digestion, la description des propriétés physiques et chimiques des sécrétions et leurs actions sur les aliments et l'analyse comparative des excréments.

J. Koenig. Recherches statistiques sur la valeur marchande des fourrages, p. 281-315.

F. Benecke et E. Schulze. Recherches sur le fromage d'Emmenthal et sur quelques autres fromages suisses, p. 317-400.

Les auteurs donnent l'analyse qualitative du fromage d'Emmenthal ; on trouve dans l'extrait éthéré, des graisses neutres (triglycérides), des acides libres volatils, comme l'acide butyrique, de l'acide lactique et de la cholestérine.

Les matières azotées solubles dans l'éther se trouvent en petite quantité ; il est probable qu'on y retrouverait la lécithine. Le résidu privé de matières grasses

renferme de la leucine, de la tyrosine très probablement, aussi de l'acide phénylamido-propionique, ainsi que d'autres matières azotées solubles dont on n'a pas encore déterminé la nature. On trouve encore de l'ammoniaque, des lactates, de la caséoglutine, matière albuminoïde analogue à la paracaséine, un peu de nucléine, et finalement du phosphate de chaux, ainsi que du sel marin. Le second chapitre est consacré à l'analyse quantitative très complète de ces divers fromages et à l'étude des transformations qu'ils subissent en vieillissant.

B. Frank. Nouvelle maladie observée sur les cerises douces, p. 401-436.

F. Temme. Sur les champignons qui se développent sur les saules, p. 437-445.

Dr H. Thiel. Emploi des engrais chimiques en Prusse, d'après les renseignements recueillis par les stations agronomiques, p. 447-479.

Dr J. Moritz et P. Seucker. Essais d'engrais sur des vignes, p. 549-554.

Dr E. Wolff et Dr C. Kreuzhage. Action des nitrates (azote nitrique), sur la culture de diverses plantes, faites dans du sable de rivière, p. 659-698.

U. Kreusler. Observations sur l'assimilation et la respiration de l'acide carbonique par les plantes, p. 711-755.

Dr A. Atterberg. Détermination de la fertilité d'une terre, d'après l'analyse d'une récolte d'avoine, p. 757-761.

Dr J. Fittbogen. Culture comparative de graines de trèfle de Silésie et d'Amérique, p. 763-769.

Dr J. Fittbogen et Dr R. Schiller. Influence de l'effeuillage des betteraves sur les rendements et la composition de la récolte, p. 770-776.

— Détermination de l'augmentation du taux de matières sèches pendant la végétation des betteraves fourragères, p. 777-778.

Dr Stutzer et Dr Werner. Sur la valeur des tourteaux d'arachides et de la farine de coco pour la production du lait, p. 819-830.

H. Plath. Sur la nitrification de l'ammoniaque et de ses sels, p. 891-915.

Dr Frank. Remarques sur ce sujet, p. 916.

Br. Tacke. Sur le dégagement d'azote pendant la putréfaction, p. 917-939.

Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik.

Recueil des recherches de physique agricole, par M. E. Wollny.

TOME VIII (1885).

1. Physique du sol.

J. Soyka. Observations sur la porosité du sol, p. 1-17.

E. W. Hilgard. Importance de l'humidité hygroscopique du sol pour la végétation, p. 93-100.

E. Wollny. Recherche sur le pouvoir d'imbibition des terres par l'eau, p. 177-205.

2. Physique de la plante.

C. Kraus. Circulation du suc dans les racines, notamment dans les parties jeunes, p. 33-50.

E. Wollny. Influence des causes artificielles sur la croissance intérieure des végétaux ; influence de l'écimage des plantes sur leur développement, p. 105-127.

3. Météorologie agricole.

Dr E. Ramann. Humidité du sol sous les futaies et les taillis sous futaies, p. 67-76.

J. Breitenlohner. Action du froid sur les arbres dans les Alpes, p. 137-160.

TOME XIX (1886).

1. Physique du sol.

E. Wollny. Recherches sur l'humidité du sol et sa température suivant diverses inclinaisons des terrains à l'horizon :
  I. Humidité pour diverses inclinaisons du sol, p. 3-10.
  II. Température du sol pour diverses inclinaisons, p. 10-70.

E. Wollny. Recherches sur l'influence des propriétés physiques du sol, sur la proportion d'acide carbonique libre qu'il renferme, p. 165-195.

R. Heinrich. Essais de mesure du pouvoir d'imbibition du sol et de son aération, p. 259-275.

E. Wollny. Recherches sur le pouvoir d'imbibition des terres par l'eau, p. 361-379.

2. Physique de la plante.

C. Kraus. Développement des pousses de pommes de terre sous l'influence de l'enracinement, p. 78-100.

E. Wollny. Influence de la densité des semences sur le développement des plantes, p. 207-217.

— Action des méthodes de culture sur le développement de la force de résistance qui permet aux plantes de ne pas succomber aux mauvaises conditions atmosphériques, p. 290-304.

3. Météorologie agricole.

C. Tchapowitz. Influence des actions climatériques sur la croissance des plantes. p. 117-146.

E. Ebermayer. Dosage de l'azote atmosphérique dans l'air des forêts, p. 229-244.

C. Ferrari. Sur la protection des cultures contre la grêle, p. 244-247.

S. Sikorski. Recherches sur l'apport d'eau aux terres par l'hygroscopicité, p. 413-434.

Comptes rendus de l'Académie des sciences.

TOME CV (1887).

Th. Schloesing. Rapport sur le mémoire de M. P. Mondesir, relatif au dosage rapide du carbonate de chaux actif dans les terres, p. 49-52.

M. Hanriot et Ch. Richet. Relations du travail musculaire avec les actions chimiques respiratoires, p. 76-79.

L. Godefroy. Sur la rectification des phlegmes d'industrie, p. 122-124.

J Chatin. Sur les kystes bruns de l'anguillule de la betterave, p. 130-132.

P. Boiteau. Sur les mœurs des phylloxera et sur l'état actuel des vignobles, p. 157-159.

E. Prillieux. Apparition du black rot aux environs d'Agen, p. 243.

F. Jolyet, J. Bergonié, G. Sagalas. Appareil pour l'étude de la respiration de l'homme, p. 380-383.

J. Raulin. Expériences de chimie agricole, p. 411-414.

L. Schribner et P. Viala. Le *Greeneria fuliginea,* nouvelle forme du Rot des fruits de la vigne, observée en Amérique, p. 473-474.

P. P. Dehérain. Observations sur les assolements, p. 483-486.

Tony-Garcin. Procédé général d'acidimétrie des vins rouges ou blancs, des moûts et des cidres, p. 557.

A. et P. Buisine. Sur une nouvelle source d'acide caprique, p. 614-617.

Bondonneau et Foret. De la saccharification directe, par les acides, de l'amidon contenu dans les cellules végétales; extraction du glucose formé par la diffusion, p. 617-619.

P. Viala. Le White Rot ou Rot blanc (*Coniothyrium diplodiella*) aux États-Unis d'Amérique, p. 624-625.

M. Berthelot. Recherches sur le drainage, p. 640-646.

G. Lechartier. Du chauffage des cidres, p. 653-655.

— Sur la congélation des cidres, p. 723-726.

Ed. Ch. Morin. Formation d'alcool amylique normal dans la fermentation de la glycérine, par le *Bacillus butylicus.*

Berthelot et André. Sur l'état de la potasse dans les plantes, le terreau et la terre végétale et sur son dosage, p. 833-840.

Ed. Ch. Morin. Sur la composition chimique d'une eau-de-vie de vin de la Charente-Inférieure, p. 1019-1022.

G. Conanon, F. Henneguy et E. Salomon. Nouvelles expériences relatives à la désinfection antiphylloxérique des plantes de vignes, p. 1029-1032.

E. Prillieux. Sur le parasitisme du *Coniothyrium diplodiella,* p. 1037-1038.

N. de Mercey. Sur la position géologique de la craie phosphatée en Picardie, p. 1083-1087.

U. Gayon. Sur la recherche et le dosage des aldéhydes dans les alcools commerciaux, p. 1182-1183.

Berthelot et André. Sur l'état du soufre et du phosphore dans les plantes, la terre et le terreau et sur leur dosage, p. 1217-1222.

J. Risler.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME (1887)

Nancy, imp. Berger-Levrault et Cie.





